



**Filipe Gonçalo Arede
Santos Sousa**

**Consumos e emissões de poluentes dos
transportes marítimos**



**Filipe Gonçalo Arede
Santos Sousa**

**Consumos e emissões de poluentes dos
transportes marítimos**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica de Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor Nelson Amadeu Dias Martins

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Prof. Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho

Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro (orientadora)

Prof. Doutora Célia dos Anjos Alves

Equiparada a Investigadora Principal da Universidade de Aveiro

Agradecimentos / Acknowledgements

A toda a minha família e amigos que me apoiaram, não só nestes 5 anos, mas há muito tempo atrás e aos professores com que me fui cruzando, com o qual me permitiram retirar os melhores ensinamentos, que transcendiam os conteúdos programáticos.

À Professora Doutora Margarida Coelho, pela orientação prestada neste trabalho, para que não fosse desleixadas componentes importantes num documento deste tipo.

Ao Professor Doutor José Paulo Santos, que me ajudou a superar as várias barreiras no desenvolvimento do software, e também aos meus colegas que também tiveram um grande contributo nesta parte. Ainda à Professora Doutora Ana Isabel Miranda pelo auxílio, e sugestões prestadas.

Aos professores da Escola Superior Náutica Infante D. Henrique, Elisa Bandeira, Luís Mendonça e ainda João Parente, assim como à Engenheira de Máquinas Marítimas Susana Broco e à Piloto Cristina Aleluia, pelos conhecimentos técnicos específicos que me transmitiram e ainda pela perspectiva de quem anda nos navios acerca das medidas políticas aplicadas e previstas para o futuro, relativamente aos seus efeitos no ambiente e na actividade marítima.

Palavras-chave

Emissões Poluentes; Navios; Cruzeiros; EMEP/EEA; Software de Cálculo

Resumo

Os meios de transporte representam mais de 60% do consumo mundial de petróleo, e 80% das trocas mundiais em volume são feitas por via marítima sendo que praticamente todos estes navios têm um derivado do petróleo como fonte energética, mas devido à grande eficiência dos motores usados, as emissões de CO₂ são reduzidas, mas em contrapartida devido ao tipo de combustível usado, as emissões de SO_x são preocupantes.

Neste trabalho é pretendido desenvolver uma ferramenta computacional que faça a estimativa de emissões poluentes provenientes do modo de transporte marítimo, de acordo com a metodologia EMEP/EEA. Desenvolvida no Visual Studio e aplicada ao caso de estudo dos navios cruzeiro, uma vez que ocorreram grandes investimentos em infraestruturas vocacionadas para estes navios, que representam um crescimento no setor marítimo.

Os resultados obtidos demonstram que em 14 estadias de navios cruzeiro no Porto de Leixões, foram por estes emitidos um total de 9 toneladas de NO_x, 6 toneladas de SO_x e 808 quilos de Partículas, que extrapolando, por meio de proporcionalidade directa, para o resto do ano daria 24, 16 e 2 toneladas respectivamente. Nas viagens que ligam o Porto de Leixões aos restantes portos que fazem parte dos destinos dos navios cruzeiro, as emissões de poluentes desta mesma amostra resultou em cerca de 100 toneladas de NO_x, 50 toneladas de SO_x, 12 toneladas de CO e 2,5 toneladas de TSP. Os 6 navios de carga analisados totalizaram 67 toneladas de NO_x e, ultrapassando os navios de cruzeiro, mais de 57 toneladas de SO_x. Relativamente aos poluentes menos abundantes os resultados foram 6, 2,4 e 6,3 toneladas respectivamente para o CO, NMVOC e TSP. Na análise de sensibilidade foi concluído que a utilização do *Bunker Fuel Oil*, um derivado pesado do petróleo, relativamente ao Diesel Marítimo resulta sempre num aumento dos SO_x e das , enquanto que nos restantes poluentes, para os navio-tanque, navios concebidos para o transporte de líquidos, chegava a diminuir as emissões poluentes.

Keywords

Pollutant emissions; Ships, Cruises; EMEP/EEA; Calculation Software

Abstract

The means of transport represent over 60% of world oil consumption, 80% of world trade, in volume, are made by sea, and that virtually all of these ships have an oil derivate as an energy source. Although, due to the high efficiency of the used engines, CO₂ emissions are relatively low, but on the other hand due to the type of fuel applied, SO_x emissions are relevants.

The purpose of this dissertation is to develop a computational tool that makes emissions estimations from marine transport according with the EMEP/EEA methodology, developed in Visual Studio, and used to the cruise ship case study, since large investments in infrastructure aimed for these ships were made, which represent a growth in the maritime sector.

The achieved results show that in 14 stays of cruise ships in Port of Leixões, were emitted by this ships a total of 9 tonnes of NO_x, 6 tonnes of SO_x and 808 kg of Particles, which extrapolating to the rest of the year the values are over 24, 16 and 2 tonnes respectively. In the trips that join the Port of Leixões to the remaining ports that make part of the destinations from the cruise ships, the pollutant emissions from the same sample result in 100 tonnes of NO_x, 50 tonnes of SO_x, 12 tonnes of CO and 2,5 tonnes of Particles. The 6 cargo ships analyzed issued a total of 67 tonnes of NO_x and, exceeding the cruise ships, over 57 tonnes of SO_x. For the less abundant pollutants, the results were 6, 2,4 and 6,3 tonnes respectively for CO, NMVOC, and TSP. In the sensitivity analysis it was concluded that the use of BFO, an heavy petroleum product, instead of MDO, marine diesel oil, always result in an increase in SO_x and TSP, while the remaining pollutant emissions were reduced, in the case of the tanker, a kind of ship built to transport liquid cargo.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivos	5
1.3	Estrutura da Dissertação	5
2	Revisão Bibliográfica	7
3	Metodologia e Métodos	11
3.1	EMEP/EEA	12
3.1.1	Tier I	12
3.1.2	Tier II	14
3.1.3	Tier III	16
3.2	Ferramenta Informática	19
3.3	Caso de Estudo - Porto de Leixões	21
3.4	Estimativa de emissões de outro tipo de navios	22
4	Resultados e Discussão	25
4.1	Ferramenta Informática	25
4.1.1	Tier 1	25
4.1.2	Tier 2	27
4.1.3	Tier 3 - Quantidade	29
4.1.4	Tier 3 - Tempo	31
4.2	Avaliação de Emissões para o Porto de Leixões	34
4.3	Estimativa de emissões nas viagens dos navios cruzeiro	36
4.4	Estimativa de emissões de outro tipo de navios	38
4.5	Análise comparativa de emissões.	39
4.5.1	Tipos de Navios	39
4.5.2	Tipo de combustível em navios cruzeiro	41
4.5.3	Tipo de combustível em navios-tanque	42
4.5.4	Tipo de combustível em navios porta-contentores	42
5	Conclusões e Trabalho Futuro	45
6	Anexos	51
6.1	Folhas Excel	52
6.1.1	Registo dos navios cruzeiro	52
6.1.2	Registo dos navios de carga	56

6.1.3	Resultados das emissões poluentes dos navios cruzeiro no Porto de Leixões	60
6.1.4	Resultados das emissões poluentes das viagens dos navios cruzeiro de a para o Porto de Leixões	64
6.1.5	Resultados das emissões poluentes dos navios de carga que entraram no Porto de Leixões a 24 de maio de 2016.	69
6.1.6	Análise de Sensibilidade	72
6.1.7	Matriz Auxiliar Tier 3 Tempo	77

Lista de Tabelas

3.1	Fatores de emissão para embarcações a consumir BFO [14].	13
3.2	Fatores de emissão para embarcações a consumir diesel ou gás marítimos [14].	13
3.3	Fatores de emissão para embarcações a consumir gasolina [14].	14
3.4	Fatores de emissão para grandes embarcações [14].	14
3.5	Fatores de emissão para barcos [14].	15
3.6	Fatores de emissão para quantidade de combustível com fases de viagem diferenciadas [14].	17
3.7	Fatores de emissão para potência dos motores com fases de viagem diferenciadas [14].	17
3.8	Carga estimada para motores principais e auxiliares em diferentes fases de viagem [14].	22
3.9	Velocidade estimada para diferentes tipos de navios em navegação [14]. . .	22
4.1	Emissões devido aos navios cruzeiro no Porto de Leixões 2016	34
4.2	Emissões devido aos navios cruzeiro, ao largo de e para, o Porto de Leixões 2016	36
4.3	Emissões totais devido aos navios de cruzeiro que entraram no Porto de Leixões.	38
4.4	Emissões devido aos navios de carga no dia 24 de maio de 2016 no Porto de Leixões.	38

Lista de Figuras

1.1	Evolução da Concentração de CO ₂ no mundo. [2]	1
1.2	Consumo Global de Recursos Energéticos [3].	2
1.3	Distribuição do consumo mundial de petróleo, por setor de atividade [4]	2
1.4	Esquema da Destilação Fraccionada do Petróleo [8].	4
2.1	Resultados da modelação das deposições de poluentes nas águas do Reino Unido [18].	8
2.2	Percursos mais frequentes por cruzeiros em 2010 [22].	10
3.1	Fluxograma exemplificativo das tarefas efectuadas.	11
3.2	Fluxograma exemplificativo das tarefas efectuadas.	12
3.3	Fluxograma do software	19
4.1	Janelas Tier 1 - n ^o 1 e n ^o 2	25
4.2	Janelas Tier 1 - n ^o 3 e n ^o 4	26
4.3	Janelas Tier 1 - n ^o 5 e n ^o 6	27
4.4	Janelas Tier 2 - n ^o 1 e n ^o 2	28
4.5	Janelas Tier 2 - n ^o 3 e n ^o 4	28
4.6	Janelas Tier 2 - n ^o 5 e n ^o 6	29
4.7	Janelas Tier 3 - Quantidade - n ^o 1 e n ^o 2	30
4.8	Janelas Tier 3 - Quantidade - n ^o 3 e n ^o 4	30
4.9	Janela Tier 3 - Quantidade - n ^o 5	31
4.10	Janelas Tier 3 - Tempo - n ^o 1 e n ^o 2	32
4.11	Janelas Tier 3 - Tempo - n ^o 3 e n ^o 4	33
4.12	Janela Tier 3 - Tempo - n ^o 5	33
4.13	Emissões poluentes totais dos navios de cruzeiro no Porto de Leixões.	34
4.14	Emissões quizenais de NO _x e SO _x , dos navios de cruzeiro no Porto de Leixões entre janeiro e maio de 2016.	35
4.15	Emissões quizenais de NMVOC, CO e TSP, dos navios de cruzeiro no Porto de Leixões entre janeiro e maio de 2016.	36
4.16	Emissões quizenais de CO e TSP dos navios de cruzeiro ao largo, de e para, o Porto de Leixões ao longo do tempo.	37
4.17	Emissões quizenais de NMVOC, CO e TSP dos navios de cruzeiro ao largo, de e para, o Porto de Leixões ao longo do tempo.	37
4.18	Parcelas das emissões de NO _x	39
4.19	Calado [34].	39
4.20	Emissões poluentes totais de NO _x e SO _x relativos aos navios de carga que entraram no dia 24 de maio de 2016 no Porto de Leixões.	40

4.21	Emissões poluentes totais de CO, NMVOC e TSP relativos aos navios de carga que entraram no dia 24 de maio de 2016 no Porto de Leixões.	40
4.22	Variações percentuais de emissões poluentes quando se substitui o MDO por BFO, num navio cruzeiro.	41
4.23	Variações percentuais de emissões poluentes quando se substitui o MDO por BFO, num navio-tanque.	42
4.24	Variações percentuais de emissões poluentes quando se substitui o MDO por BFO, num porta-contentores	43

Glossário

.csv	Comma Separated Value, isto é, valores separados por vírgulas, é um tipo de ficheiro habitualmente usado para base de dados.....	20
AIS	Automatic Identification System, Sistema de Identificação Automática, permite comunicar e outras informações relevantes de modo a evitar colisões	7
APDL	Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo	21
BFO	Bunker Fuel Oil, é um dos mais pesados derivados do petróleo, usado como combustível na indústria e em navios.....	3, 7, 9, 38, 41, 42, 43
CH₄	Metano, pode resultar de combustões incompletas e provoca efeito de estufa ...	7
CLRTAP	Convenção sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância	12
CO	Monóxido de Carbono, gás tóxico gerado a partir de combustões incompletas...	7, 34, 38, 40, 43, 45
CO₂	Dióxido de Carbono, principal poluente responsável pelo efeito de estufa .	1, v, 1, 7, 9
EMEP/EEA	European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP), ou seja Programa de Monitorização e Avaliação Europeu; European Environment Agency (EEA), Agência Europeia do Ambiente	1, 3, 7, 11, 12, 45
GJ	Giga joule, correspondente a mil milhões de Joules, sendo o Joule a unidade de energia do Sistema Internacional de Unidades.....	34
IMO	International Marine Organization, ou seja, Organização Marítima Internacional, é a Agência das Nações Unidas com responsabilidade sobre a segurança e a prevenção de poluição no mar	3
INERPA	Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas, sendo a Agência Portuguesa do Ambiente responsável pela realização anual deste Inventário	7
kg	Unidade básica de massa do Sistema Internacional de Unidades.....	20

km²	Quilómetro quadrado, unidade de área correspondente a um milhão de metros quadrados.....	34
km/h	Quilómetro por hora, unidade de velocidade correspondente a 0,278 metros por segundo, a unidade de velocidade do Sistema Internacional de Unidades...	22, 23
kW	Quilowatt, unidade de potência correspondente a 1000 watts, a unidade de potência do Sistema Internacional de Unidades.....	21, 40
kWh	QuiloWatt-hora, unidade de energia correspondente ao trabalho realizado por uma maquina com 1000 Watts durante 1 hora	20
LNG	Liquefied Natural Gas, Gás natural liquefeito, na sua maioria composto por metano, arrefecido até condensar, para que o tanque onde é armazenado não necessitar de grande resistencia, como seria caso este fosse comprimido	8
MarineTraffic	Plataforma online que disponibiliza posição de diversas embarcações a nível global, assim como contem uma base de dados com informações relativas aos navios que partilham a sua posição	7
MARPOL	Marine Pollution, é uma convenção para a prevenção da poluição dos navios, adoptada em 1973 na IMO	3, 8
MDO	Diesel Marítimo, é um derivado do petróleo, usado como combustível em embarcações.....	41, 42, 43
NMVOC	Non-methane volatile organic compound, isto é, compostos orgânicos voláteis não metânicos, provocam smog.....	7, 38, 40, 42, 43, 45
NO_x	Óxidos de Azoto, poluente resultante de reações com temperaturas e pressões muito elevadas, e misturas de ar combustível pobres, que resulta na separação da molécula do azoto que depois reage com o oxigénio .	3, 7, 8, 16, 34, 35, 38, 40, 43, 45
PM	Partículas, ou também conhecido por Material Particulado	7
ppm	Parte por milhão, medida de concentração para soluções muito diluídas ou soluções gasosas	1
SCR	Selective Catalytic Reduction, isto é, Catalisador Redutor Selectivo, reage os gases de escape com uma solução composta na sua maioria por água de modo ao enxofre ficar aí depositado e não ser emitido para a atmosfera, também pode ser conhecido por Scrubber.....	8, 9
Seafish	Sea Fish Industry Authority, Autoridade da Indústria do Peixe, é uma organização não departamental do Reino Unido, estabelecida em 1981 para promover a qualidade e sustentabilidade dos recursos alimentares do mar	7
SO₂	Dióxido de Enxofre, molécula mais significativa de todos os óxidos de enxofre ..	8

- SO_x** Óxidos de Enxofre, poluente produto de combustões onde o enxofre devido às altas temperaturas reage com o oxigénio 1, 7, 8, 9, 34, 35, 38, 40, 41, 42, 43, 45
- TSP** Partículas suspensas totais, do inglês "Total Suspended Particles" 38, 40, 41, 42, 43, 45
- UNCTAD** United Nations Conference on Trade and Development, ou seja, Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento, estabelecida em 1964 de modo a aumentar o comércio internacional de modo a acelerar o desenvolvimento económico 9
- UNECE** Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa 12
- ZER** Zonas de Emissões Reduzidas, têm como principal objetivo diminuir a concentração de poluentes nas cidades em que estão implementadas, limitando o tráfego de certos veículos em função do seu ano de fabrico 3

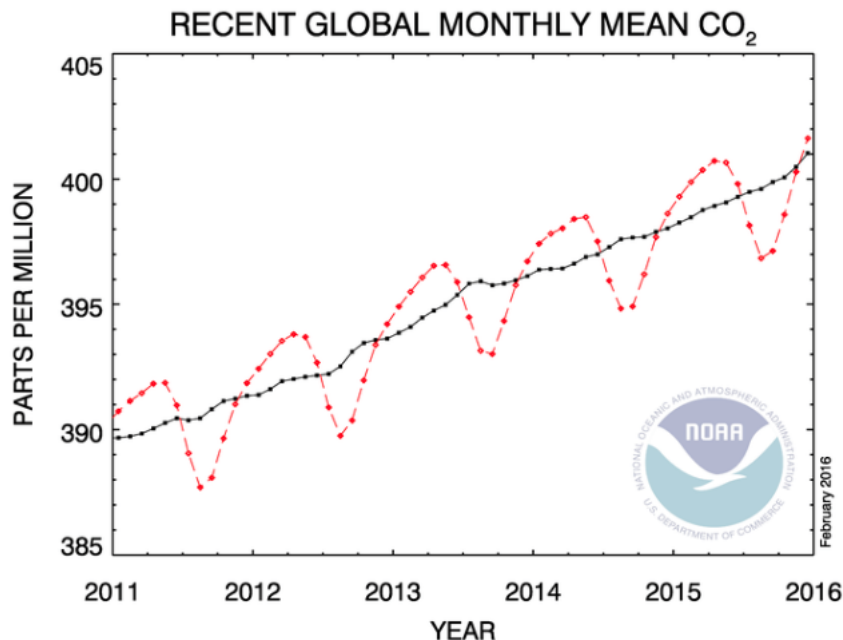
Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

A revolução industrial no século XVIII marcou o início das emissões de gases poluentes em grande escala, por parte do ser humano, que prontamente marcou o clima das zonas mais afetadas. Esta situação agravou-se com a crescente exploração de petróleo no século XX, e com a massificação da sua utilização em todos os setores, incluindo o dos transportes. Com estas mudanças de hábitos de vida a concentração de CO_2 subiu mais de 40% para valores de 402,52 ppm, no ano de 2016, e continua com tendência de subida, como é evidenciado na figura 1.1 [1].

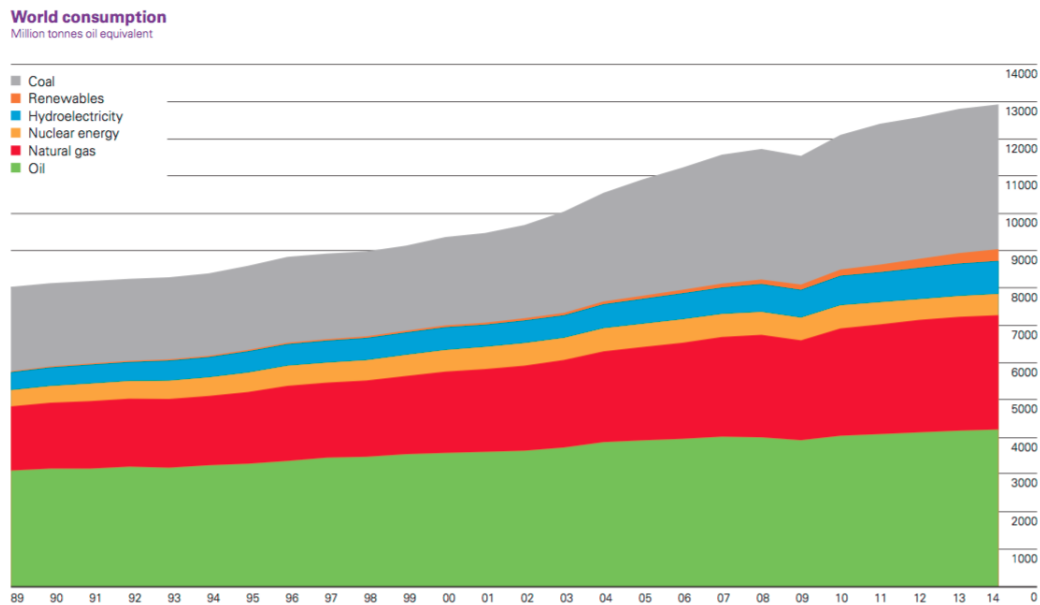
Figura 1.1: Evolução da Concentração de CO_2 no mundo. [2]



O petróleo continua a ser a fonte energética mais utilizada no mundo inteiro, com cerca de 32,6% do consumo energético global, ou seja, mais do que 3,5 vezes o consumo

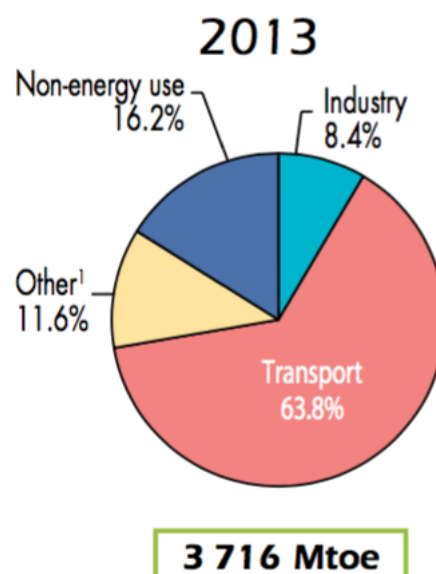
global de energias de fontes renováveis e hidroelétricas no mesmo ano de 2014, que se pode verificar na figura 1.2 [3].

Figura 1.2: Consumo Global de Recursos Energéticos [3].



O setor dos transportes representou 63,8% do consumo mundial de petróleo, em 2013, como é representado na figura 1.3, pelo que se torna num dos setores onde mais se procura controlar as emissões de gases poluentes [4].

Figura 1.3: Distribuição do consumo mundial de petróleo, por setor de atividade [4]



A presente globalização é também representada pelas trocas mundiais, no qual cerca de 80% do volume, ou mais de 70% do valor destas trocas é feita por via marítima, pelo que este meio de transporte chega a ser designado como a "Espinha Dorsal" do comércio global e o "Motor Chave" da globalização [5].

Em consequência do naufrágio do *Titanic* em 1912, foi formada uma organização internacional de modo a serem criados regulamentos de segurança marítima, que mais tarde, pertencendo às Nações Unidas, passou a designar-se Organização Marítima Internacional, ou simplesmente *IMO*, que em 1973, criou a convenção *MARPOL* de modo a prevenir a poluição dos oceanos.

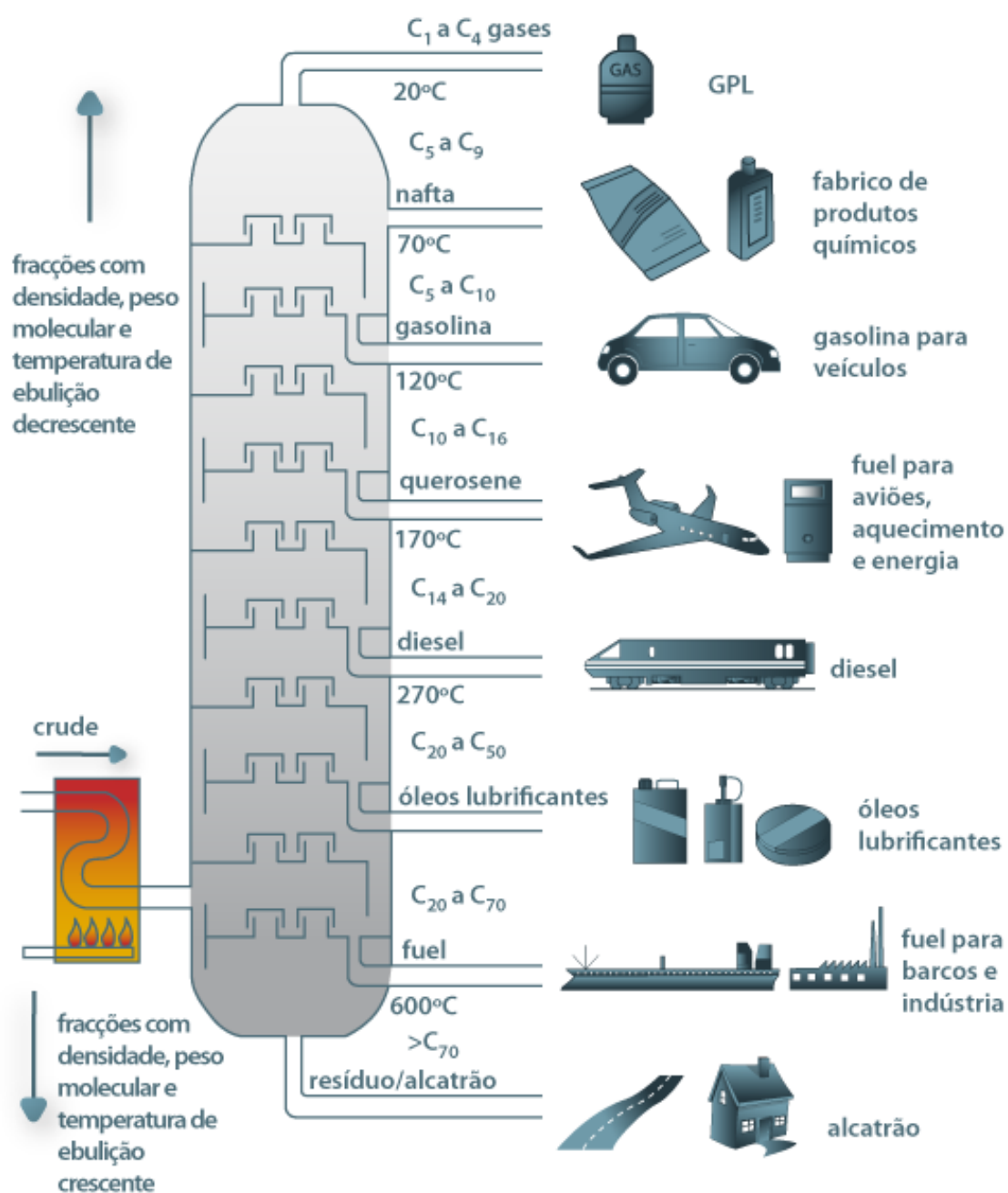
Inicialmente esta incidia sobre o derrame de petróleo e outros líquidos nocivos para o ambiente, mas já no presente século foi feito o sexto anexo, desta convenção, que vem introduzir normas para regulamentar a poluição atmosférica proveniente da actividade marítima, no qual são atribuídos limites de emissões de poluentes [6].

Cerca de 95% da frota mundial utiliza motores com um funcionamento de acordo com o ciclo Diesel, pelo que tal como nos automóveis as emissões de NO_x e Partículas são fatores de grande importância, mas como em muitos navios, que têm motores lentos (<300 RPM) e médios (<900 RPM) são usados como combustíveis, o *Bunker Fuel Oil*, um dos produtos mais densos da destilação do petróleo, tal como é evidenciado na figura 1.4, que há 20 anos chegavam a ter 5%(m/m) de teor de enxofre na sua composição, que naturalmente na combustão seria emitido como SO_x para a atmosfera. Hoje em dia, o BFO tem como limites de teor de enxofre os máximos de 3,5%(m/m) estabelecido pelo Anexo VI do *MARPOL*, sendo que em 2020 será reduzido para um máximo de 0,5%(m/m) [7].

Atualmente os navios são extremamente especializados, e são muito sensíveis a diversos fatores externos, desde fenómenos climáticos até à incontornável economia global. Pelo que todas as decisões, sejam estas a escolha da rota, da velocidade, ou até do tipo de combustível, vão refletir-se em ganhos ou despesas muito significativos. De acordo com a Bloomberg, os navios estão a navegar cada vez mais lentamente, apesar do preço do petróleo estar cada vez mais baixo, e este tratar-se da principal despesa para as companhias de transporte marítimo. Isto deve-se ao abrandamento da economia do maior exportador mundial, a China. As companhias estão a usar a estratégia de reduzir a velocidade dos navios e assim conseguir mantê-los em operação já que se continuassem a navegar à mesma velocidade iam acabar por haver navios sem mercadoria para transportar, além de que pelos princípios da economia se existe uma redução na procura, entenda-se necessidade de transportar mercadoria, e para uma igual oferta, o preço reduz-se, ou seja o frete. Assim, como o frete se trata da receita destas companhias e este foi reduzido, cortou-se no consumo de combustível para equilibrar a balança comercial [9].

Entretanto Portugal recebe cada vez mais navios cruzeiros, com a criação de várias infraestruturas orientadas para este mercado, o que levanta a preocupação da influencia ambiental destas chegadas. Lisboa que já vem a criar medidas drásticas para fazer frente aos níveis elevados de poluição atmosférica, no que diz respeito à circulação rodoviária, através de medidas como as *ZER*, que são zonas de emissões reduzidas, onde por meio de restrição à circulação de automóveis com ano de fabrico anterior à norma Euro 2 ou Euro 3, 1996 e 2000 respectivamente, são reduzidas as emissões de poluentes nessas zonas. Embora que Lisboa, pode vir a ter um novo contributo negativo significativo, relativamente às emissões poluentes, com o aumento do tráfego marítimo.

Figura 1.4: Esquema da Destilação Fraccionada do Petróleo [8].



1.2 Objetivos

Como objectivo principal para esta Dissertação de Mestrado, pretende-se desenvolver uma ferramenta computacional para o cálculo de emissões poluentes, provenientes de meios de transporte marítimos, com base na metodologia **EMEP/EEA**, sigla que, em português, significa Programa de Monitorização e Avaliação Europeu / agência Europeia do Ambiente.

Com esta ferramenta concluída, colocam-se como objectivos específicos, efectuar uma análise aos valores de emissões poluentes no Porto de Leixões, devido aos navios cruzeiro, já que estes navios representam o setor com maior crescimento de entre os vários tipos de navios, de modo a analisar a sua pegada ambiental na zona urbana do Porto. Ainda como objectivo específico, serão analisados outros tipos de navios de forma a poder comparar com os navios cruzeiro, de modo a variar os tipos de motores e outros fatores preponderantes de modo a alcançar conclusões, por exemplo acerca de que tipo de combustível seria o menos prejudicial.

1.3 Estrutura da Dissertação

Nesta Dissertação de Mestrado o primeiro capítulo contém a parte introdutória onde está inserida a Motivação e os Objectivos deste trabalho, onde é referida a importância deste setor comercial no mundo em termos económicos e ambientais.

Posteriormente está a Revisão Bibliográfica onde são apresentados trabalhos feitos anteriormente que se enquadram de algum modo no tema desta Dissertação de Mestrado.

Já no terceiro capítulo, Metodologia e Métodos, são explicados todos os passos que foram tomados para a elaboração do trabalho, de modo a ser claro e evidente todo o percurso traçado, tanto para a conceção da ferramenta informática, como as condições em que foram feitas as estimativas de emissões poluentes.

No quarto capítulo são apresentados os resultados. Inicialmente é exibido o software e o seu modo de funcionamento, posteriormente exibem-se os resultados das emissões dos navios cruzeiro analisados, assim como de outros navios que deram entrada no Porto de Leixões, acabando por serem feitas comparações entre estes, e com outros dados de relevo.

Por fim no quinto capítulo, Conclusões, onde se dá o desfecho do trabalho, são expressos os feitos obtidos nesta Dissertação de Mestrado e sugerem-se futuros trabalhos passíveis de serem realizados.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão apresentados estudos no qual foi feito o calculo de emissões de meios de transporte marítimos.

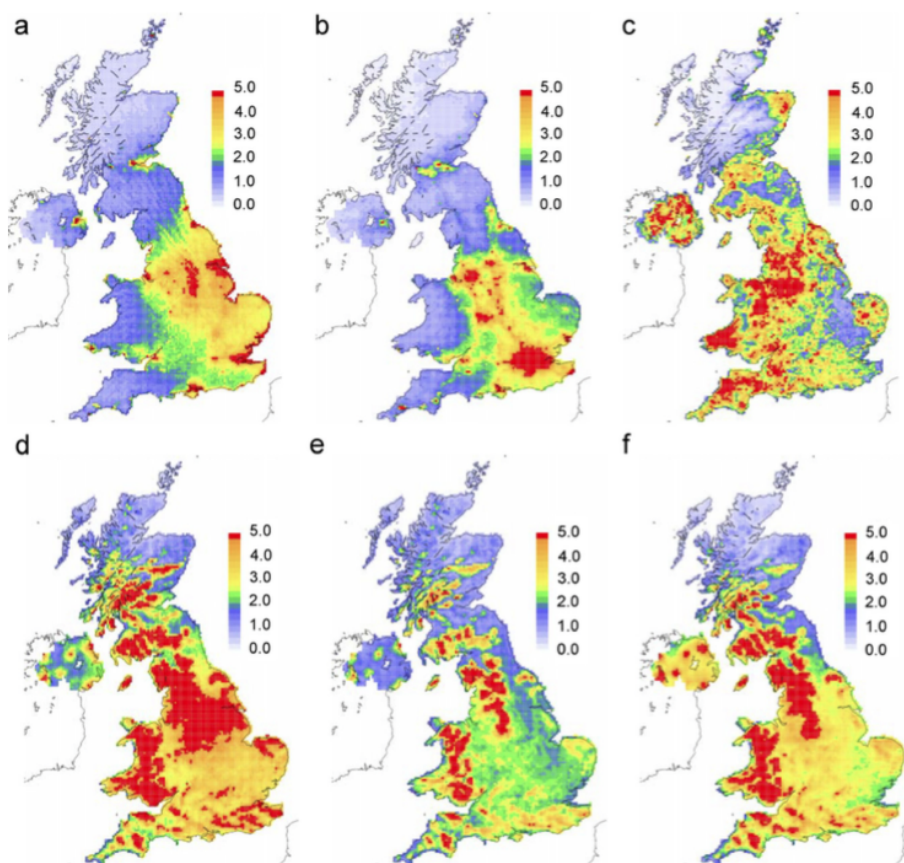
Em 2009, Costa fez estimativas dos poluentes emitidos para a atmosfera nas águas territoriais portuguesas, separando o tráfego hidroviário em dois tipos, aquele que abastece e efectua paragem em Portugal e o que apenas cruza estas águas sem efectuar qualquer tipo de paragem [11]. Para estas estimativas Costa utilizou 3 métodos de estimativa. O *top-down* no qual vai chegar aos resultados através das estatísticas de vendas de BFO, por categoria de embarcação, por tipo de combustível e ainda diferenciando entre embarcações nacionais e internacionais. Depois o *bottom-up* onde através de uma amostra de embarcações chamadas a cada um dos principais portos de Portugal, no qual os dados ficaram disponibilizados no **INERPA** [12]. Finalmente, um que fica numa situação entre estes dois. Nisto foi concluído que houve um aumento de 2006 para 2007 nas emissões poluentes atmosféricas, e ainda que os poluentes ficaram posicionados do mais abundante para o menos, CO₂, NO_x, CO, SO_x, PM, NMVOC e CH₄. Ainda foram encontradas as actividades marítimas com maior impacto ambiental, devido ao tipo de combustível, motor e práticas utilizadas.....

Em 2015, Coello et al., analisando a frota pesqueira britânica, estimam, por meio do método baseado no combustível, semelhante ao método *top-down* usado por Costa, e também por meio do método *bottom-up*, no qual se baseia na actividade das embarcações [13]. No primeiro caso assumiu que todas as embarcações utilizavam Diesel Marítimo, já que de acordo com Trozzi et al., de todas as embarcações pesqueiras 84,42% usam Diesel Marítimo em motores Diesel Médios, e 11,76% usam o mesmo Diesel Marítimo em motores Diesel Lentos [14]. No portal Scientific Fishery Data, consultou as quantidades de pescado, assim como a eficiência de combustível em função da quantidade de pescado, cujos resultados se situam menos de 1% abaixo do que os resultados estimados pela Seafish, organismo público [15]. E assim aplicando os fatores de emissão do método de cálculo *Tier 1* do EMEP/EEA obteve resultados de poluentes emitidos. No segundo caso, através de um sistema de identificação automática (AIS) fornecido pela MarineTraffic, foi criada uma zona geográfica no qual foram registados 55,5 milhões de mensagens, correspondentes a 5188 embarcações [16]. Depois de ser feita uma selecção, foi usada a metodologia baseada na formula de cálculo do *Tier 3* do EMEP/EEA, com uso do European commission database of fishing vessels para obter as características das embarcações com bandeira britânica entre 2012 e 2013, onde foi possível obter as dimensões das embarcações, potências, e equipamento de pesca, mas para obter o tipo

de motor e o combustível usado, novamente foi consultado Trozzi et al. [17].

Dore et al. modelaram as deposições de enxofre e azoto nas águas do Reino Unido e avaliou a influência emissões de SO_2 do transporte marítimo internacional [18]. Usou um modelo Lagrangeano estatístico de transporte atmosférico com o qual gerou mapas anuais de deposição de azoto e enxofre oxidados e reduzidos com uma malha quadrada de 25 quilómetros quadrados. O modelo correu com as emissões de 2002, tendo um incremento anual, assumido, de 2,5% até 2020. Os resultados, expostos na figura 2.1, mostram que é expectável que o aumento de deposição destes poluentes emitidos por embarcações, se situe entre os 9 e os 28% entre os anos considerados na modelação. Ainda foram avaliadas, as medidas propostas pela convenção MARPOL (Anexo VI) de reduzir o máximo de teor de enxofre nos combustíveis marítimos para 1%, que resultou numa redução em 6% de todo o enxofre depositado no Reino Unido no ano de 2020. Ainda a percentagem de area de habitat sensível com excesso de acidez foi prevista reduzir em 1% no Reino Unido.

Figura 2.1: Resultados da modelação das deposições de poluentes nas águas do Reino Unido [18].



(a) Malha com a deposição média seca de SO_x em 2002 (kg S ha^{-1}); (b) Malha com a deposição média seca de NO_y em 2002 (kg N ha^{-1}); (c) Malha com a deposição média seca de NH_x em 2002 (kg N ha^{-1}); (d) Malha com a deposição média húmida de SO_x em 2002 (kg S ha^{-1}); (e) Malha com a deposição média húmida de NO_y em 2002 (kg N ha^{-1}); (f) Malha com a deposição média húmida de NH_x em 2002 (kg N ha^{-1}).

Culliane e Bergqvist concluíram que as futuras imposições de limites mais restritivos nas emissões de SO_x e NO_x vão dar destaque à aplicação de energia e medidas de eficiência, nas prioridades das empresas de transporte marítimas, por exemplo através de medidas como a variação da velocidade de modo a reduzir as emissões sem alterações mecânicas nas embarcações, e assim absorver melhor os custos das normas nas áreas de emissões controladas [19]. Ainda foi concluído que existe necessidade de diferentes políticas e normas ambientais, já que as que existem, não previnem por exemplo, as fugas de amónia no uso dos SCRs e fugas de metano na utilização de motores que usam LNG como combustível, pelo que novas normas necessitam de ser aplicadas em função das novas tecnologias, de modo a forçar a correção destas, já que este tipo de fugas não estão a ser contabilizadas como poluentes emitidos, e fazem tanto mal como as emissões provenientes dos motores dos navios.

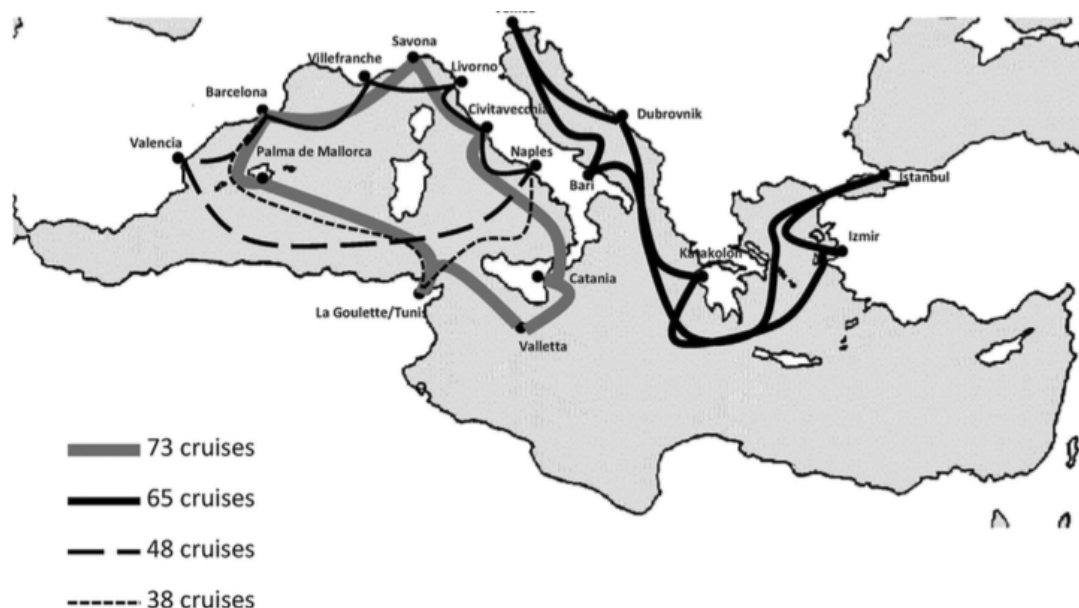
Já que as limitações impostas vêm limitar as emissões de SO_x e as tecnologias de momento disponíveis, como por exemplo a utilização de combustíveis com um menor teor de enxofre ou a instalação de sistema de gases de escape, aumentam o consumo de combustível, que entra em conflito com o propósito fundamental das normas impostas que é a redução de emissões poluentes, já que se vai passar a emitir mais CO_2 (Que não é limitado por estas normas, mas é indiscutivelmente um dos principais gases de efeito de estufa, que está directamente relacionado com a quantidade de combustível consumido, mesmo que este tenha um teor de 0% de enxofre). Neste seguimento, Schinas e Stefanakos, usando um processo em rede analítico (analytical network process), foram explorar os retornos dos investimentos devidos a estas normas, no qual estabelecem 3 cenários de atividade comercial, desde o baixo até ao alto [20]. Depois vão acrescentando cada vez mais variáveis, de modo a obterem uma ordem nos tipos de investimentos com um maior retorno, sendo que reduzir a probabilidade de falha crítica de algum equipamento do navio apresenta-se com melhores resultados. Em jeito de conclusão verificaram a dificuldade em converter alguns fatores em termos monetários, apesar de conseguir dar um melhor entendimento dos *cash flows* e das conjunturas apesar dos resultados futuros.

Ao contrário das tecnologias anteriormente descritas, que levantam conflitos por aumentarem as emissões de CO_2 , de acordo com Lindstad e Eskeland, a redução da velocidade dos navios é um método que vai reduzir o consumo de combustível, pelo que pode permitir o cumprimento das normas mantendo a utilização de BFO como combustível e dispensando a utilização de um sistema de limpeza dos gases de escape, SCR[21]. Mas, tal como num escoamento, que para se manter o caudal constante, reduzindo a velocidade, tem-se de aumentar a área do escoamento, nos navios tem que se aumentar a sua capacidade de carga, o que vai levar a renovações de frotas; devido ao grande potencial económico destes meios de transporte, o investimento não representa algo incomportável. Os resultados demonstram que os 3 principais aspectos a ter em conta para a redução de emissões são a velocidade, o formato do casco e as dimensões do navio. Conclui-se que a limitação destas medidas verifica-se nas interações destes navios com terra, já que muitas vezes as dimensões dos navios são limitadas pela capacidade dos portos ou pelas dimensões dos canais de travessia, cujos custos devidos às alterações necessárias para comportar embarcações maiores não foram contabilizadas neste estudo.

O setor dos navios cruzeiro, de acordo com Carić e Mackelworth, destaca-se como o mais crescente na área turística, apesar destes navios corresponderem a cerca de 0,3% da frota mundial, ou seja cerca de 5797 ferries e navios de passageiros em 2015 segundo

a UNCTAD [5]. Uma vez que concentram muito as suas atividades em regiões costeiras de interesse e portos específicos, tal como demonstra a figura 2.2 o seu impacto ambiental nestas zonas sensíveis é muito significativo quando comparando com a sua pegada ambiental global (menos significativa) [22].

Figura 2.2: Percursos mais frequentes por cruzeiros em 2010 [22].



Desde o início, esta revisão bibliográfica revelou-se significativamente exigente uma vez que não foram encontrados estudos de objectivos semelhantes ao desta dissertação, tendo por este motivo, a pesquisa sido alargada a estudos mais diversos. Embora todos estes estudos, terem como motivo as emissões poluentes dos meios de transporte marítimos, devido à complexidade deste assunto, é de notar a dificuldade em relaciona-los, pois cada um aborda este tema por uma abordagem própria, chegando até a existir uma abordagem económica deste assunto. É notável a falta de dados experimentais nesta área de estudo, pelo que os estudos com resultados de emissões, usam amostras muito grandes, dificultando a distinção entre cada embarcação, reforçando a importância desta dissertação de mestrado, que permite o estudo individual de cada caso. Com isto são desde já destacadas variáveis relevantes, a inserir na ferramenta computacional, assim que sejam obtidos valores experimentais de emissões a bordo, com a utilização de componentes auxiliares nos motores, de modo à redução das emissões destes.

Capítulo 3

Metodologia e Métodos

Aqui, no terceiro capítulo, são descritos os passos tomados, de modo, a serem cumpridos todos os objectivos propostos, tal como descrito de uma forma muito sucinta na figura 3.2. Descreve-se, ainda, a metodologia EMEP/EEA, assim como as ferramentas usadas na construção da ferramenta computacional. Por fim são referidas as condições utilizadas na ferramenta computacional, de modo a obter os resultados de emissões poluentes.

Figura 3.1: Fluxograma exemplificativo das tarefas efectuadas.

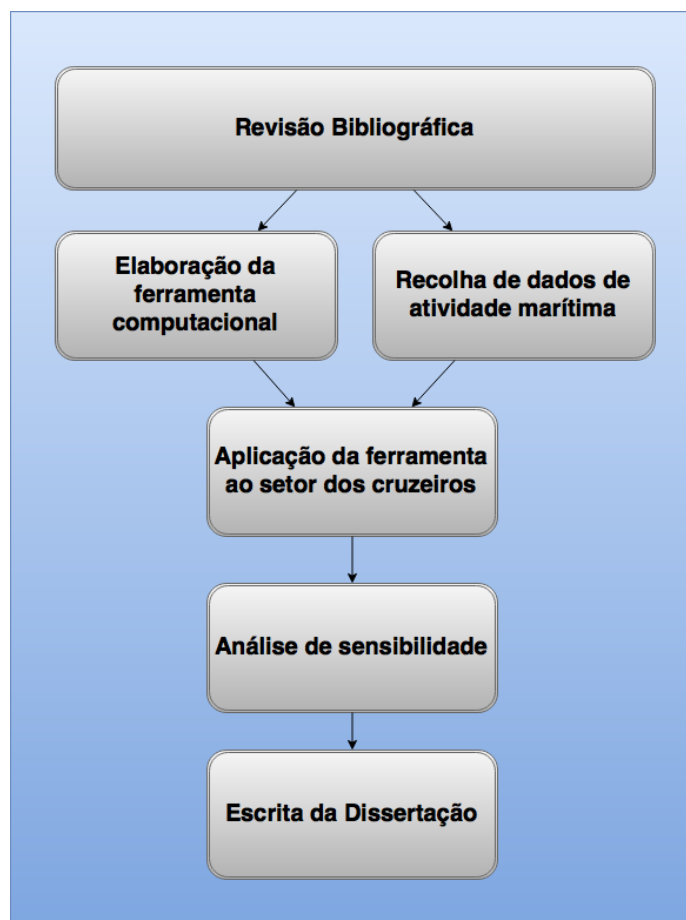


Figura 3.2: Fluxograma exemplificativo das tarefas efectuadas.

	fevereiro	março	abril	maio	junho
Revisão Bibliográfica					
Elaboração da ferramenta computacional					
Recolha de dados de atividade marítima					
Aplicação da ferramenta ao sector dos cruzeiros					
Análise de sensibilidade					
Escrita da Dissertação					

3.1 EMEP/EEA

A metodologia EMEP/EEA, vem descrita num guia de inventário de emissões, que tem em 2013 a sua mais recente edição, sendo que a primeira, onde a metodologia era chamada de *EMEP CORINAIR* foi editada em 1996 com o intuito de servir como referência geral e para ser usado pelas partes da Convenção sobre Poluição Atmosférica Transfronteiriça de Longo Alcance, para se notificar à secretaria da UNECE, Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa, em Genebra. [23] Na mais actual edição de 2013 a junção EMEP/EEA tem o intuito de comunicar dados sobre as emissões de poluentes atmosféricos, nos termos da CLRTAP e da Directiva Europeia sobre os Tectos de Emissões Nacionais.

Este documento aborda 3 métodos de cálculo, todos eles por meio de consulta de tabelas de fatores de emissões, disponibilizadas no documento.

3.1.1 Tier I

A abordagem pelo Tier I, sendo a mais simples, requiere a menor quantidade de dados, pelo que apenas é necessário saber a quantidade de combustível consumido, em toneladas, e depois o tipo de combustível, de modo a ser seleccionado o correcto fator de emissões poluentes para cada tipo de combustível de entre as tabelas 3.1, 3.2 e 3.3.

Tabela 3.1: Fatores de emissão para embarcações a consumir BFO [14].

Tier 1 default emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	1.A.3.d.i	International navigation			
Fuel		Bunker Fuel Oil			
Not applicable		Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex,			
Not estimated		NH ₃ , Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs			
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval		Reference
			Lower	Upper	
NO _x	79.3	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007). See also note (2)
CO	7.4	kg/tonne fuel	0	0	Lloyd's Register (1995)
NM VOC	2.7	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007). See also note (2)
SO _x	20	kg/tonne fuel	0	0	Note value of 20 should read
TSP	6.2	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007)
PM ₁₀	6.2	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007)
PM _{2.5}	5.6	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007)
Pb	0.18	g/tonne fuel	0	0	average value
Cd	0.02	g/tonne fuel	0	0	average value
Hg	0.02	g/tonne fuel	0	0	average value
As	0.68	g/tonne fuel	0	0	average value
Cr	0.72	g/tonne fuel	0	0	average value
Cu	1.25	g/tonne fuel	0	0	average value
Ni	32	g/tonne fuel	0	0	average value
Se	0.21	g/tonne fuel	0	0	average value
Zn	1.2	g/tonne fuel	0	0	average value
PCB	0.57	mg/tonne fuel	0	0	Cooper (2005)
PCDD/F	0.47	ug I-TEQ/tonne fuel	0	0	Cooper (2005)
HCB	0.14	mg/tonne fuel	0	0	Cooper (2005)

Tabela 3.2: Fatores de emissão para embarcações a consumir diesel ou gás marítimos [14].

Tier 1 default emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	1.A.3.d.i	International navigation			
Fuel		Marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO)			
Not applicable		Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex,			
Not estimated		NH ₃ , Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs			
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval		Reference
			Lower	Upper	
NO _x	78.5	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007). See also note (2)
CO	7.4	kg/tonne fuel	0	0	Lloyd's Register (1995)
NM VOC	2.8	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007). See also note (2)
SO _x	20	kg/tonne fuel	0	0	Note value of 20 should read
TSP	1.5	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007)
PM ₁₀	1.5	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007)
PM _{2.5}	1.4	kg/tonne fuel	0	0	Entec (2007)
Pb	0.13	g/tonne fuel	0	0	average value
Cd	0.01	g/tonne fuel	0	0	average value
Hg	0.03	g/tonne fuel	0	0	average value
As	0.04	g/tonne fuel	0	0	average value
Cr	0.05	g/tonne fuel	0	0	average value
Cu	0.88	g/tonne fuel	0	0	average value
Ni	1	g/tonne fuel	0	0	average value
Se	0.1	g/tonne fuel	0	0	average value
Zn	1.2	g/tonne fuel	0	0	average value
PCB	0.038	mg/tonne fuel	0	0	Cooper (2005)
PCDD/F	0.13	ug I-TEQ/tonne	0	0	Cooper (2005)
HCB	0.08	mg/tonne fuel	0	0	Cooper (2005)

Tabela 3.3: Fatores de emissão para embarcações a consumir gasolina [14].

Tier 1 default emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	1.A.3.d.ii	National navigation			
Fuel	Gasoline				
Not applicable	Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, HCB, PCP, SCCP				
Not estimated	NH3, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval		Reference
			Lower	Upper	
NOx	9.4	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
CO	573.9	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
NM VOC	181.5	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
SOx	20	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
TSP	9.5	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
PM10	9.5	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
PM2.5	9.5	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)

O algoritmo usado nesta abordagem é o apresentado na equação 3.1.

$$E_i = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m}) \quad (3.1)$$

E_i = emissões do poluente i em quilogramas.

FC_m = massa de combustível do tipo m em toneladas.

$EF_{i,m}$ = fator de emissões do poluente i para o tipo de combustível m.

Esta abordagem tem bastante utilidade quando se quer obter uma estimativa da pegada ambiental de uma determinada frota, tendo apenas acesso à quantidade de combustível comprada num determinado intervalo de tempo, que poderá ser obtida através de um balanço comercial, consultando os gastos com combustível.

3.1.2 Tier II

A abordagem pelo Tier II utiliza um algoritmo semelhante ao do Tier I, diferenciando-se por ter um maior número de fatores de emissões poluentes, uma vez que vai passar a ter uma nova variável, o tipo de motor, evidente nas tabelas 3.4 e 3.5.

Tabela 3.4: Fatores de emissão para grandes embarcações [14].

Tier 2 default emission factors							
Engine type	Fuel type	NO _x 2000	NO _x 2005	NO _x 2010	TSP - PM ₁₀	PM _{2.5}	Specific fuel consumption
		(kg/tonne)	(kg/tonne)	(kg/tonne)	(kg/tonne)	(kg/tonne)	(g fuel/kWh)
Gas turbine	BFO	20.0	19.3	18.6	0.3	0.3	305
	MDO/MGO	19.7	19.0	18.3	0.0	0.0	290
High-speed diesel	BFO	59.6	57.7	55.6	3.8	3.4	213
	MDO/MGO	59.1	57.1	55.1	1.5	1.3	203
Medium-speed diesel	BFO	65.7	63.4	61.3	3.8	3.4	213
	MDO/MGO	65.0	63.1	60.6	1.5	1.3	203
Slow-speed diesel	BFO	92.8	89.7	86.5	8.7	7.8	195
	MDO/MGO	91.9	88.6	86.5	1.6	1.5	185
Steam turbine	BFO	6.9	6.6	6.4	2.6	2.4	305
	MDO/MGO	6.9	6.6	6.4	1.0	0.9	290

Para os fatores de emissão de poluentes cujos valores estão em falta, são utilizados os valores relativos à abordagem Tier I.

Nesta abordagem, Tier II, o algoritmo utilizado é o indicado na equação 3.2.

$$E_i = \sum_m \left(\sum_j FC_{m,j} \times EF_{i,m,j} \right) \quad (3.2)$$

E_i = emissões do poluente i em quilogramas.

$FC_{m,j}$ = massa de combustível do tipo m e num tipo motor j em toneladas.

$EF_{i,m,j}$ = fator de emissões do poluente i para o tipo de combustível m num tipo motor j.

Tabela 3.5: Fatores de emissão para barcos [14].

Tier 2 default emission factors				
Fuel	Pollutant	Units	Conventional	2003/44/EC
Diesel	NO _x	kg/tonne fuel	38.4	32.8
	CO	kg/tonne fuel	19.8	18.6
	NMVOC	kg/tonne fuel	7.45	6.18
	TSP	kg/tonne fuel	4.60	3.71
	PM ₁₀	kg/tonne fuel	4.60	3.71
	PM _{2.5}	kg/tonne fuel	4.60	3.71
	NH ₃	g/tonne fuel	7.00	7.00
Gasoline: 2-stroke	NO _x	kg/tonne fuel	3.27	
	CO	kg/tonne fuel	481	
	NMVOC	kg/tonne fuel	233	
	TSP	kg/tonne fuel	12.6	
	PM ₁₀	kg/tonne fuel	12.6	
	PM _{2.5}	kg/tonne fuel	12.6	
	NH ₃	g/tonne fuel	3	
Gasoline: 4-stroke	NO _x	kg/tonne fuel	26.8	25.8
	CO	kg/tonne fuel	851	348
	NMVOC	kg/tonne fuel	26.7	29.2
	TSP	g/tonne fuel	188	188
	PM ₁₀	g/tonne fuel	188	188
	PM _{2.5}	g/tonne fuel	188	188
	NH ₃	g/tonne fuel	5	5

3.1.3 Tier III

Por fim o método de cálculo usado no Tier III, é o mais rigoroso e completo. Deixa de ser obrigatório conhecer a quantidade de combustível consumida, sendo a ferramenta computacional, por meio da potência e do tempo de funcionamento, a fazer a estimativa do consumo. Seguidamente com este método calculam-se os poluentes emitidos através da quantidade de um tipo de combustível em respectivo motor, mas para cada uma das fases de viagem. Ou ainda é possível fazer este cálculo através da energia produzida por um tipo de motor usando determinado combustível, indicando a potência máxima deste, a carga aplicada e o tempo de funcionamento, para cada uma das fases de viagem. Assim resulta num maior número de dados de entrada, já que faz o cálculo separado das 3 fases possíveis de funcionamento de um motor náutico:

- 1) **Ao largo:** Nesta fase o navio encontra-se a navegar aproximadamente a uma velocidade constante e a uma temperatura igualmente constante. O regime de funcionamento do motor, que é constante como a velocidade de navegação é muito próximo ou igual ao regime de funcionamento projetado e ideal do motor. É nesta fase em que existe maior consumo energético, para movimentar a embarcação com toda a sua carga, e por isso a temperatura nas câmaras de combustão atingem uma temperatura mais elevada que apesar de aumentar a eficiência do motor, também vai aumentar as emissões de NO_x .
- 2) **Manobras:** Qualquer motor térmico tem um regime ideal de funcionamento, e acontece que em manobras estes são solicitados pontualmente, o que acaba por resultar numa grande variação no regime de funcionamento do motor, com muitos momentos em que o motor funciona sem carga, e outros em que tem picos de carga acentuados.
- 3) **Atracado:** Quando um navio atraca para carregar ou descarregar mercadorias ou pessoas, os motores não são completamente desligados, já que estes também têm função de geradores eléctricos ou hidráulicos, que vão servir para manter alimentada toda a instalação eléctrica, como também as possíveis gruas e guinchos presentes em muitas embarcações, como por exemplo, as de pesca que têm sistemas para recolher as redes.

Tal como nas abordagens anteriores, é feita a consulta dos fatores de emissões pelas tabelas 3.3 e 3.7, mas aqui surgem dois caminhos para alcançar o mesmo fim, já que permite que sem se saber o consumo de combustível, por meio da potência dos motores térmicos e do tempo de funcionamento, obter igualmente a quantidade emitida de poluentes, assim como usando a quantidade de combustível consumido.

Tabela 3.6: Fatores de emissão para quantidade de combustível com fases de viagem diferenciadas [14].

Engine	Phase	Engine type	Fuel type	NO _x EF 2000 (kg/tonne)	NO _x EF 2005 (kg/tonne)	NO _x EF 2010 (kg/tonne)	NM VOC EF (kg/tonne)	TSP PM ₁₀ PM _{2.5} EF (kg/tonne)
Main	Cruise	Gas turbine	BFO	20.0	19.3	18.6	0.3	0.3
			MDO/MGO	19.7	19.0	18.3	0.3	0.0
		High-speed diesel	BFO	59.6	57.7	55.6	0.9	3.8
			MDO/MGO	59.1	57.1	55.1	1.0	1.5
		Medium-speed diesel	BFO	65.7	63.4	61.3	2.3	3.8
			MDO/MGO	65.0	63.1	60.6	2.4	1.5
		Slow-speed diesel	BFO	92.8	89.7	86.5	3.0	8.7
			MDO/MGO	91.9	88.6	86.5	3.2	1.6
		Steam turbine	BFO	6.9	6.6	6.4	0.3	2.6
			MDO/MGO	6.9	6.6	6.4	0.3	1.0
	Manoeuvring Hotelling	Gas turbine	BFO	9.2	8.9	8.6	1.5	4.5
			MDO/MGO	9.1	8.8	8.5	1.5	1.6
		High-speed diesel	BFO	43.6	42.3	40.6	2.5	10.3
			MDO/MGO	43.0	41.7	40.1	2.6	4.0
		Medium-speed diesel	BFO	47.9	46.2	44.6	6.3	10.3
			MDO/MGO	47.5	45.7	44.3	6.6	4.0
		Slow-speed diesel	BFO	67.4	65.1	62.9	8.2	11.2
			MDO/MGO	66.7	64.2	62.1	8.6	4.4
		Steam turbine	BFO	5.1	4.8	4.7	0.9	7.1
			MDO/MGO	5.0	5.0	4.7	0.9	2.8
Auxiliary	Cruise Manoeuvring Hotelling	High-speed diesel	BFO	51.1	49.4	47.6	1.7	3.5
			MDO/MGO	50.2	48.6	46.8	1.8	1.4
		Medium-speed diesel	BFO	64.8	62.5	60.4	1.7	3.5
			MDO/MGO	64.1	62.0	59.7	1.8	1.4

Tabela 3.7: Fatores de emissão para potência dos motores com fases de viagem diferenciadas [14].

Engine	Phase	Engine type	Fuel type	NO _x EF 2000 (g/kWh)	NO _x EF 2005 (g/kWh)	NO _x EF 2010 (g/kWh)	NM VOC EF (g/kWh)	TSP PM ₁₀ PM _{2.5} EF (g/kWh)	Specific fuel consumption (g fuel/kWh)
Main	Cruise	Gas turbine	BFO	6.1	5.9	5.7	0.1	0.1	305.0
			MDO/MGO	5.7	5.5	5.3	0.1	0.0	290.0
		High-speed diesel	BFO	12.7	12.3	11.8	0.2	0.8	213.0
			MDO/MGO	12.0	11.6	11.2	0.2	0.3	203.0
		Medium-speed diesel	BFO	14.0	13.5	13.0	0.5	0.8	213.0
			MDO/MGO	13.2	12.8	12.3	0.5	0.3	203.0
		Slow-speed diesel	BFO	18.1	17.5	16.9	0.6	1.7	195.0
			MDO/MGO	17.0	16.4	15.8	0.6	0.3	185.0
		Steam turbine	BFO	2.1	2.0	2.0	0.1	0.8	305.0
			MDO/MGO	2.0	1.9	1.9	0.1	0.3	290.0
	Manoeuvring Hotelling	Gas turbine	BFO	3.1	3.0	2.9	0.5	1.5	336.0
			MDO/MGO	2.9	2.8	2.7	0.5	0.5	319.0
		High-speed diesel	BFO	10.2	9.9	9.5	0.6	2.4	234.0
			MDO/MGO	9.6	9.3	8.9	0.6	0.9	223.0
		Medium-speed diesel	BFO	11.2	10.8	10.4	1.5	2.4	234.0
			MDO/MGO	10.6	10.2	9.9	1.5	0.9	223.0
		Slow-speed diesel	BFO	14.5	14.0	13.5	1.8	2.4	215.0
			MDO/MGO	13.6	13.1	12.7	1.8	0.9	204.0
		Steam turbine	BFO	1.7	1.6	1.6	0.3	2.4	336.0
			MDO/MGO	1.6	1.6	1.5	0.3	0.9	319.0
Auxiliary	Cruise Manoeuvring Hotelling	High-speed diesel	BFO	11.6	11.2	10.8	0.4	0.8	227.0
			MDO/MGO	10.9	10.5	10.2	0.4	0.3	217.0
		Medium-speed diesel	BFO	14.7	14.2	13.7	0.4	0.8	227.0
			MDO/MGO	13.9	13.5	13.0	0.4	0.3	217.0

O algoritmo usado para obter as emissões poluentes partindo das quantidades de

combustível consumido é indicado na equação 3.3

$$E_i = \sum_p \left(\sum_m \left(\sum_j FC_{m,j,p} \times EF_{i,m,j,p} \right) \right) \quad (3.3)$$

E_i = emissões do poluente i em quilogramas.

$FC_{m,j,p}$ = massa de combustível do tipo m, num tipo motor j, numa fase de viagem p em toneladas.

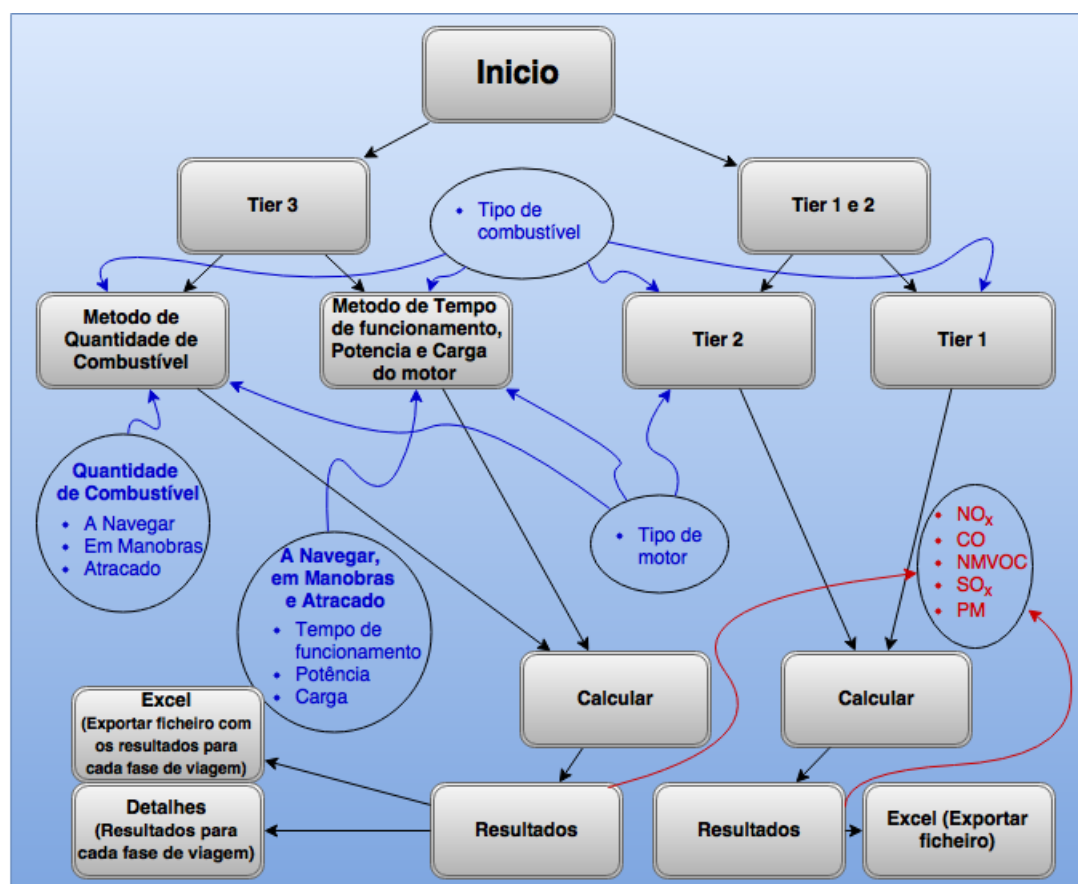
$EF_{i,m,j,p}$ = fator de emissões do poluente i, para o tipo de combustível m, num tipo motor j, numa fase de viagem p.

3.2 Ferramenta Informática

Para a criação do software de cálculo de emissões recorreu-se ao *Visual Studio 2013* obtido através do site *Microsoft Dreamspark™*, que devido a uma parceria com a Universidade de Aveiro permite aos alunos desta que utilizem software de forma gratuita. [24]

Aqui foi escolhida a opção *Windows Form Application* para fazer o software. No total foram criadas 5 janelas, principal, dos resultados detalhados, do acerca do programa, e por fim do tutorial que aparece separadamente do programa de modo a servir de guião. O software foi concebido de forma ao seu funcionamento ser orientado de acordo com a figura 3.3.

Figura 3.3: Fluxograma do software



A azul estão indicados os dados de entrada. A vermelho estão indicados os resultados. A negro estão indicadas as sequências de janelas.

As ferramentas usadas foram as seguintes:

Button Botão onde um clique vai dar instruções para avançar ou recuar no programa, tem a possibilidade de ser desativado enquanto não existem as condições necessárias para se avançar no software, também tem a possibilidade de comportar além de texto identificativo, imagens no seu fundo.

Text Box Caixa de texto, com possibilidade de comportar grandes textos acessíveis por meio de uma *Scroll Bar* incorporada, como também têm possibilidade de ser usadas como meio para o utilizador inserir dados.

Label Etiqueta, tem como função indicar o que representa algo na janela, mas também pode ser usada para mostrar resultados, embora com limitação de não poder apresentar em várias linhas como a Text Box, mas tem como vantagem o poder ter um fundo transparente.

Combo Box Funciona como que uma gaveta, já que após lhe ser feito um clique, vai abrir uma lista de itens a escolher, sendo que depois da escolha feita volta a ocupar pouco espaço na janela.

Tool Tip Dica, faz com que apareça um balão com uma descrição quando passamos o rato por cima de um objecto na janela, revelou-se um pouco limitado já que no pretendido, ou seja nas Combo Box, não tinha possibilidade de distinguir cada item, tendo isto sido superado por meio de uma outra Text Box.

Menu Strip É o clássico *Ficheiro* e *Ajuda* que os programas costumam ter, que vai dar acesso aos atalhos para os métodos de cálculo e também ao acerca e ao tutorial.

Picture Box Tal como a Text Box onde pode ser exibido texto, esta caixa de fotografia, exhibe imagens.

Com estas ferramentas foram criadas 11 janelas virtuais na janela principal, já que os cliques nos diversos botões vão esconder e exhibir diversos botões, Text Boxes, Labels, entre outros objectos presentes no software.

Foi criada uma Text Box que vai exhibir texto de ajuda quando é seleccionado algum combustível ou motor para que se possa confirmar que está a ser seleccionado correctamente o pretendido.

Quando aparecem as caixas de texto para inserir valores, e se inserem os valores pretendidos, estes inicialmente vão ser confirmados pelo programa de que são valores numéricos e que não estão separados por pontos, sendo admitidos números com virgulas, e ainda que o valor é superior ou igual ao valor mínimo admitido.

Caso ele não cumpra, o programa não vai avançar e vai exhibir uma mensagem onde foi inserido o valor a dizer "valor incorrecto" ou "valor insuficiente" conforme for o requisito que ele não cumpre.

Após este ser admitido, o valor vai ser multiplicado por uma linha de uma matriz 67x7, de acordo com o tipo de calculo, tipo de combustível e tipo de motor, caso tenha sido escolhido, e ainda de acordo com o tipo de operação em que o navio se encontra no caso do Tier 3, de modo a resultarem os valores em kg dos poluentes emitidos do caso que foi avaliado. Esta matriz contém valores que vão converter toneladas de combustíveis em kg de poluentes, e ainda nas ultimas linhas contem valores que convertem kWh em kg de poluentes.

Por fim os resultados são exibidos numa Text Box e caso seja pretendido estes podem ser gravados num ficheiro *.csv* que se pode abrir no excel para ser posteriormente processado do modo que o utilizador pretender.

No tutorial foram usadas várias Picture Box, de modo a conforme o controlado pelos botões, serem exibidas as picture box seguintes e serem escondidas as actuais, resultando no seguimento de imagens pretendido.

As várias imagens usadas no software foram obtidas a partir de sites que disponibilizam, *rights free images*, isto é, imagens livres de direitos de autor [24-26].

3.3 Caso de Estudo - Porto de Leixões

Inicialmente o pretendido seria avaliar as emissões dos navios cruzeiro na área metropolitana de Lisboa, sendo que após varias tentativas de obtenção de dados durante algumas semanas foi optado por abandonar este local e selecionar para o segundo maior porto artificial de Portugal, o **Porto de Leixões**, onde foi inaugurado um novo Terminal de Cruzeiros a 23 de Julho de 2015, e que de acordo com a APDL serão esperados cerca de 130 mil passageiros no ano de 2018 [28].

Este oferece uma plataforma online de acesso livre, onde estão disponibilizados em tempo real, os nomes de todos os navios que chegam e saem do porto, assim como as suas companhias, destinos e proveniências, e o mais importante para o caso de estudo, as horas em que chegam, acostam, largam e saem [29].

Assim, no caso de estudo foram avaliados todos os navios que entraram no Porto de Leixões no ano de 2016 por motivos Turísticos, até ao dia 15 de maio de 2016.

Neste período foram registadas 17 chegadas e partidas, sendo que em 3 casos não foi possível obter as informações acerca dos motores dos navios, e em 2 casos o navio foi o mesmo pelo que no total foram avaliados 14 navios cruzeiro, onde os comprimentos variam entre 260 e 88 metros e as potências entre 4500 kW e 57600 kW sendo que não existe necessariamente relação entre os comprimentos e as potências dos navios.

Os intervalos de manobras, somando as de entrada e as de saída, vão de 21 minutos até 60 minutos, enquanto que os períodos atracados considerados estão entre as 6 horas e 30 minutos e 44 horas e 20 minutos, foram obtidos por meio de uma folha de cálculo no Excel onde foi feita a diferença entre os momentos pretendidos, tendo em conta a data hora e minutos.

No livro *Hidrodinâmica e Propulsão* [31], é dito que num navio cruzeiro a instalação elétrica correspondente à parte hoteleira representa entre 30% a 40% da potência total do navio. Disto foi interpretado que quando um navio deste tipo está atracado, os motores têm que garantir a alimentação para esta parte, estando por isso com uma carga de 30%, e que quando estaria em manobras, como teria um pouco de consumo para a propulsão, e a parte hoteleira estaria como sempre, constante, a carga nos motores seria de 40%.

Depois, por meio do software desenvolvido, aplicando os valores de potências e tempo de funcionamento dos motores para cada navio, junto com os valores anteriormente referidos para a carga dos motores em manobras e atracados respectivamente, foram obtidos os valores de emissões para cada navio.

Estes valores foram somados e assim foi obtido o valor total de emissões poluentes pelo qual estes navios são responsáveis enquanto estão dentro do Porto de Leixões.

De modo a complementar o estudo anterior, foram avaliadas as emissões poluentes dos navios cruzeiro nos seus percursos até chegarem ao Porto de Leixões, e depois de saída deste até fazerem a sua próxima paragem.

As informações dos portos de paragem dos navios, anteriores e posteriores ao Porto de Leixões, são disponibilizadas junto as horas das movimentações na plataforma online [29].

As cargas dos motores foram consultadas no documento da metodologia utilizada [14], onde é disponibilizada a tabela 3.8.

Tabela 3.8: Carga estimada para motores principais e auxiliares em diferentes fases de viagem [14].

Phase	% load of MCR Main Engine	% time all Main Engine operating	% load of MCR Auxiliary Engine
Cruise	80	100	30
Manoeuvring	20	100	50
Hotelling (except tankers)	20	5	40
Hotelling (tankers)	20	100	60

Nesta tabela foi encontrado o valor de 80% para a carga dos motores principais ao largo, **Cruise**, que foi o valor usado na ferramenta computacional, junto com os valores de potência máxima já obtidos para o estudo de emissões dentro do Porto de Leixões.

De modo a ser obtido o tempo de funcionamento dos motores durante esta fase de navegação, foi usado o site **Ports**, que tem uma secção **Sea Route**, que traduzindo, é rota marítima [30]. Neste site foram introduzidos dois portos, de cada vez, e foi colocada a velocidade, de acordo com a tabela 3.9 constante de 21 nós, aproximadamente 39 km/h, e assim para cada caso foi obtida a duração da viagem entre os dois portos introduzidos.

Tabela 3.9: Velocidade estimada para diferentes tipos de navios em navegação [14].

Ship Type	Ave.Cruise Speed (km/h)	Manoeuvring time (hours)	Hotelling time (hours)
Liquid bulk ships	26	1.0	38
Dry bulk carriers	26	1.0	52
Container	36	1.0	14
General Cargo	23	1.0	39
Ro-Ro Cargo	27	1.0	15
Passenger	39	0.8	14
Fishing	25	0.7	60
Other	20	1.0	27

3.4 Estimativa de emissões de outro tipo de navios

De modo a ser feita uma análise de sensibilidade foi feita uma nova amostra, desta vez com navios que não são navios cruzeiro. Esta amostra é constituída pelos navios que entraram no Porto de Leixões a 24 de maio de 2016, já que se trata de uma terça feira não sendo por isso, a amostra afetada pelo fim de semana e também não é um dia de véspera de feriado ou de alguma data significativa que possa ter influencia na normalidade do funcionamento do Porto de Leixões.

Esta amostra é constituída por 6 navios, sendo estes 3 porta-contentores, 2 navios-tanque e 1 navio de carga geral. Os navios-tanque vão se diferenciar devido a terem motores auxiliares, devido às bombas que servem o abastecimento e descarga dos tanques, enquanto que os outros vão apenas ter os motores principais.

Assim consultando a tabela 3.8, são obtidos os valores de 80% em navegação, 20% em manobras e atracado para todos os motores principais, embora que só os navios-tanque é que mantêm os motores principais em funcionamento durante todo o período atracado, enquanto que os outros apenas os têm em funcionamento 5% do tempo total atracado, sendo por isto inserido na ferramenta apenas 5% do tempo total atracado para os outros quatro navios. Quanto aos motores auxiliares, dos navios-tanque neste caso, vão ter cargas de 30% em navegação, 50% em manobras e 60% atracados.

De seguida foram obtidos os tempos de navegação, usando as velocidades da tabela 3.9, convertendo de km/h para a velocidade usada pelos navios, 14 nós para os navios-tanque, 19 nós para os porta-contentores e 12 nós para o navio de carga geral.

Aplicando estas velocidades, junto com os portos de origem e de destino das viagens dos navios, no site *Ports* foram obtidas as durações das navegações destes navios, verificando assim, junto com os dados disponibilizados pelo site do Porto de Leixões, todos os dados necessários a inserir na ferramenta computacional.

Capítulo 4

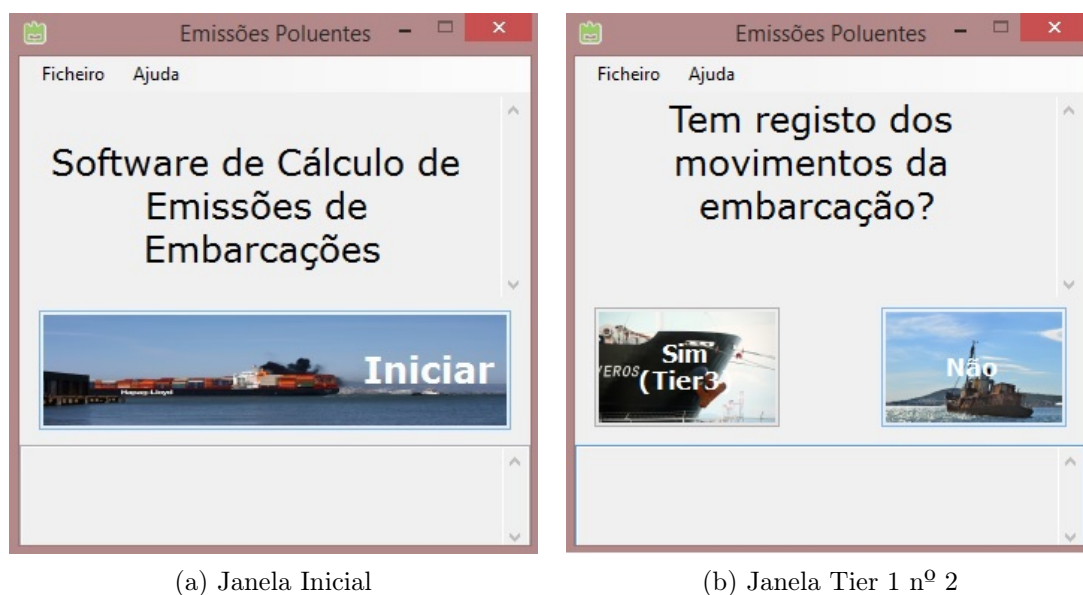
Resultados e Discussão

4.1 Ferramenta Informática

4.1.1 Tier 1

Quando se faz um cálculo pelo método Tier 1 a sequência do software é a seguinte exemplificada pelas figuras 4.1, 4.2 e 4.3.

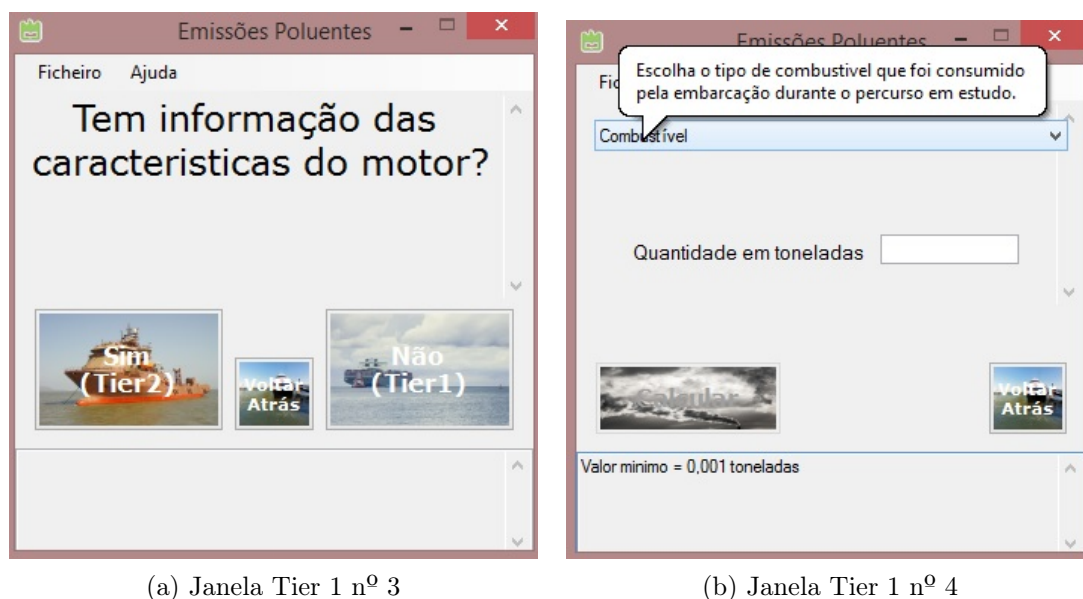
Figura 4.1: Janelas Tier 1 - nº1 e nº2



Na figura 4.1a clica-se em "**Iniciar**", para seguir para o próximo passo.

Aqui é colocada a primeira questão, "**Tem registo dos movimentos da embarcação?**", com isto quer-se saber se o utilizador tem os dados necessários para utilizar o método Tier 3, que exige que se saiba distinguir a quantidade de combustível consumida em cada uma das 3 fases possíveis em que os motores de um navio estão em funcionamento, a navegar, em manobras e atracado. Como aqui se vai usar o método Tier 1, clica-se em "**Não**".

Figura 4.2: Janelas Tier 1 - nº3 e nº4



(a) Janela Tier 1 nº 3

(b) Janela Tier 1 nº 4

Neste ponto aparece a última questão de escolha, onde simplesmente é pedido se o utilizador conhece o tipo de motor da embarcação, que é um requisito para o método Tier 2.

Deste modo chega-se à janela que vai fazer o cálculo do Tier 1, apenas é necessário inserir dois dados.

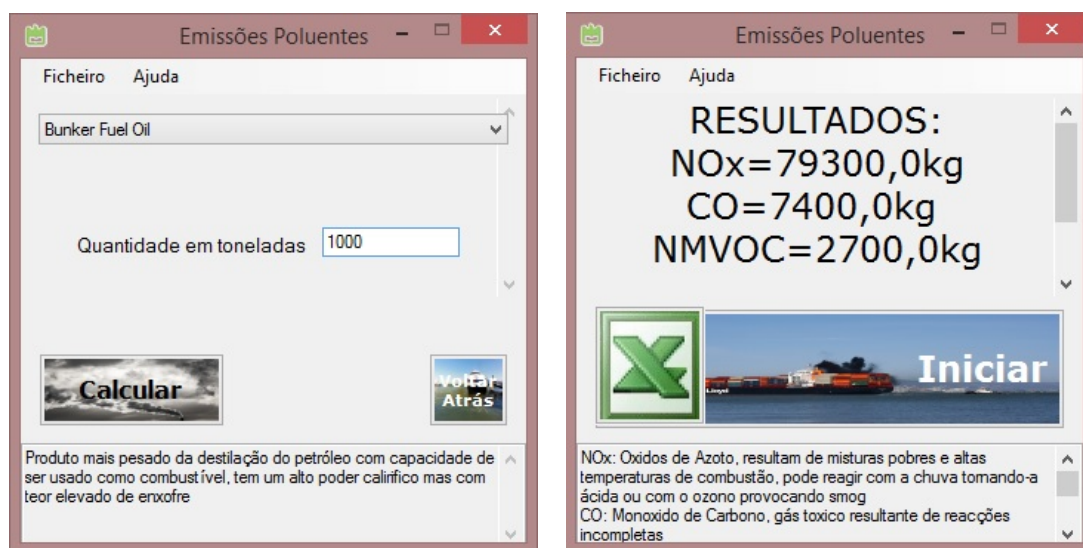
Primeiro escolher o tipo de combustível, de entre 3 possibilidades:

Bunker Fuel Oil Combustível pesado, unicamente usado por navios, que chega a ter densidades de 1010 kg/m^3 sendo um dos produtos mais pesados da destilação do petróleo, que tem uma densidade de 850 kg/m^3 [7].

Diesel Marítimo / Gás Marítimo Combustíveis marítimos com um teor de enxofre mais reduzido do que o Bunker Fuel Oil, utilizados em motores com o ciclo Diesel.

Gasolina Considera-se qualquer tipo de gasolina, indiferenciadamente das suas octanas e se está misturada com óleo ou não (para o uso num motor a 2 tempos).

Figura 4.3: Janelas Tier 1 - nº5 e nº6



(a) Janela Tier 1 nº 5

(b) Janela Tier 1 nº 6

Escolhe-se o combustível pretendido e indica-se a quantidade consumida em toneladas e faz-se clique em "**Calcular**".

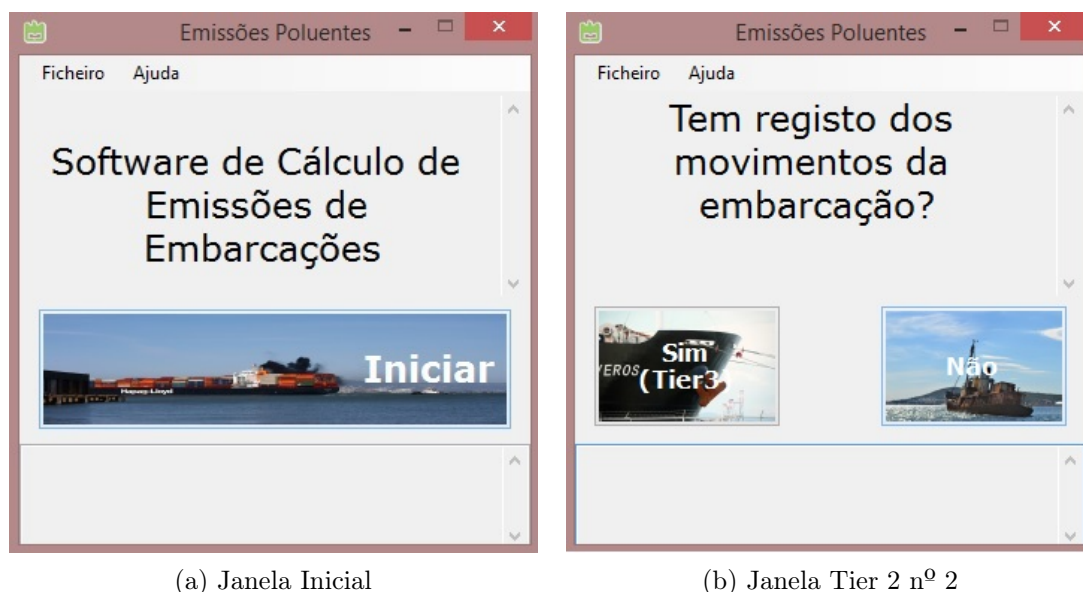
Por fim, têm-se os resultados que podem ser exportados para um ficheiro que abre no **Excel™**, além destes também se tem um comentário acerca de cada poluente.

4.1.2 Tier 2

Já a sequência para o cálculo pelo método Tier 2 é dada pelas figuras 4.4, 4.5 e 4.6. Novamente na janela inicial onde se faz clique em "**Iniciar**".

E também à semelhança do caso anterior, na janela nº2, escolhe-se "**Não**".

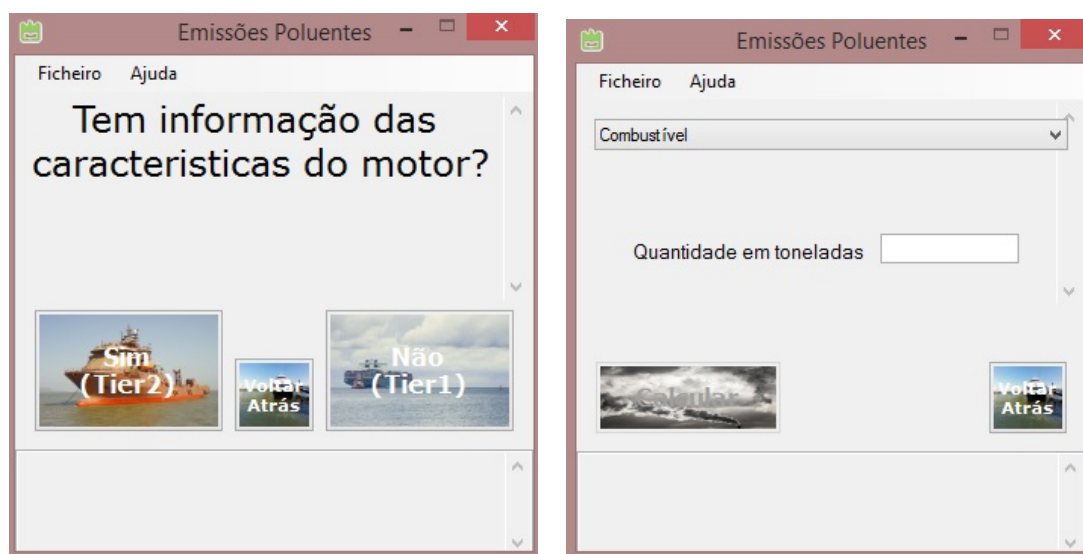
Figura 4.4: Janelas Tier 2 - nº1 e nº2



(a) Janela Inicial

(b) Janela Tier 2 nº 2

Figura 4.5: Janelas Tier 2 - nº3 e nº4



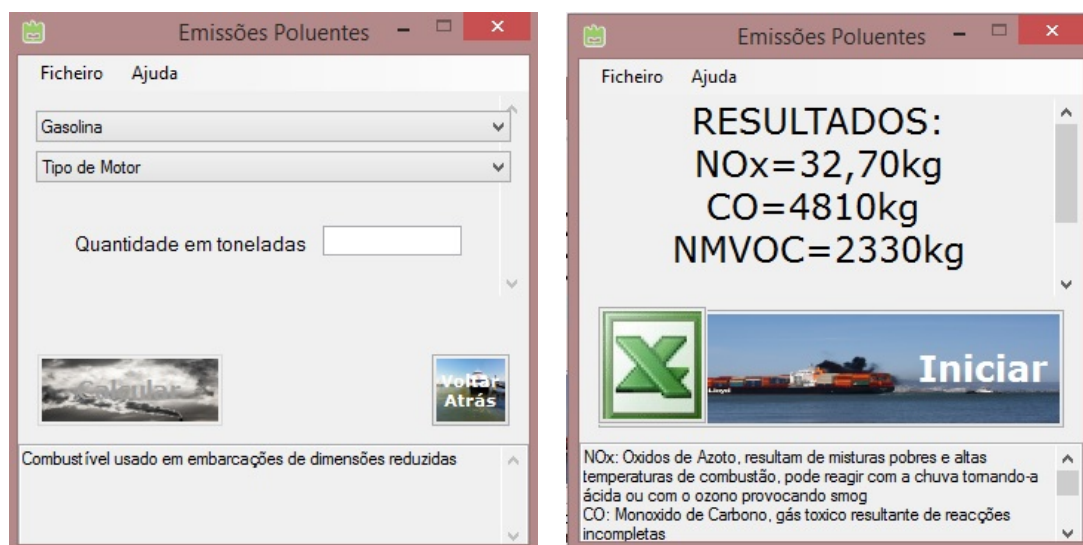
(a) Janela Tier 2 nº 3

(b) Janela Tier 2 nº 4

Aqui é que já se vai escolher "**Sim**", já que neste modo o utilizador sabe qual é o motor da embarcação em análise.

Assim obtém-se a janela que vai fazer o cálculo do Tier 2, onde já são necessários 3 dados, o combustível, o tipo de motor e a quantidade de combustível. Inicialmente só aparece para se escolher o tipo de combustível, já que este, vai influenciar as possibilidades de motores, evitando assim situações incompatíveis como seria ter gasolina num motor Diesel.

Figura 4.6: Janelas Tier 2 - nº5 e nº6



(a) Janela Tier 2 nº 5

(b) Janela Tier 2 nº 6

Depois de se ter o combustível pretendido selecionado, aparece uma Combo Box para se escolher o tipo de motor. Após ter também o motor escolhido indica-se a quantidade de combustível consumida em toneladas e faz-se clique em "**Calcular**".

E conclui-se da mesma forma que no método Tier 1, com os resultados de cada poluente em kg, além da possibilidade de exportar para o *Excel™*.

4.1.3 Tier 3 - Quantidade

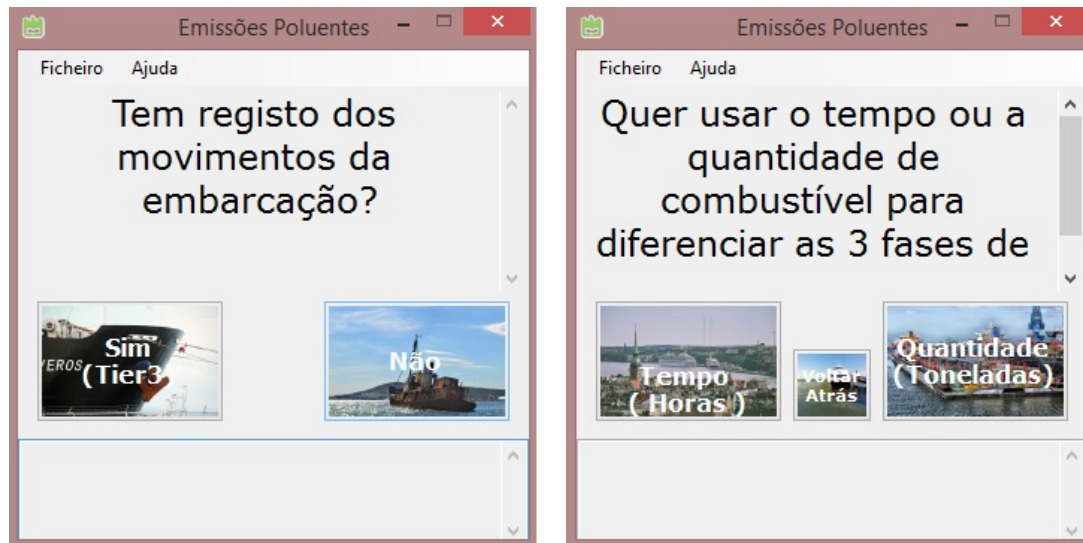
O Tier 3, exemplificado pelas seguintes figuras 4.7, 4.8 e 4.9, é o método mais rigoroso no cálculo da emissões poluentes, já que este diferencia em 3 as fases de uma viagem marítima:

A Navegar Nesta situação os motores trabalham a uma carga próxima dos 100% e é quando as explosões são o mais próximas da reação ideal.

Em Manobras Aqui a aceleração nos motores é inferior a 50% de modo a ter-se mais tempo para antecipar colisões ou outros percalços, deste modo a rotação nos motores é reduzida para valores próximos do *ralenti*.

Atracado Aqui os motores, nas embarcações com alimentação elétrica proveniente dos motores, vão estar unicamente com a necessidade de manterem a esta corrente. Já nas embarcações mais simples o motor vai estar a trabalhar em vazio.

Figura 4.7: Janelas Tier 3 - Quantidade - nº1 e nº2



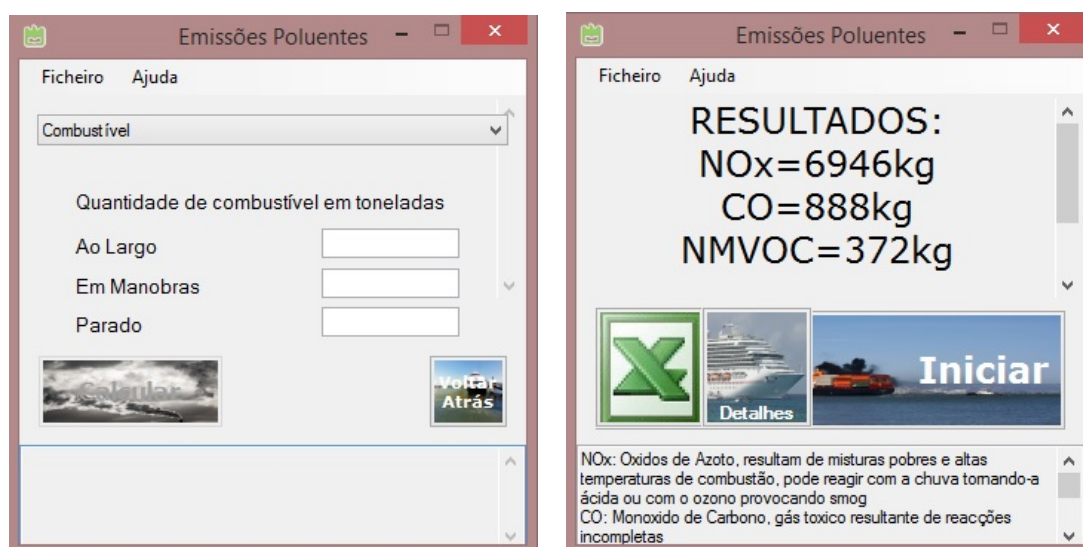
(a) Janela Tier 3 - Quantidade - nº 1

(b) Janela Tier 3 - Quantidade - nº 2

Passando a janela inicial à frente, quando é questionado se o utilizador, "*Tem registo dos movimentos da embarcação?*", desta vez por ser pelo método Tier 3, vai-se seleccionar o botão "*Sim (Tier 3)*".

O método Tier 3, permite fazer o cálculo a partir de dois tipos de dados, pela quantidade de combustível consumida, ou pelo tempo de funcionamento dos motores, tendo para este caso de se inserir a potência e a carga dos mesmo. Sendo que nos dois casos é sempre necessário inserir o tipo de combustível e tipo de motor. Deste modo vai-se fazer clique em "*Quantidade (Toneladas)*".

Figura 4.8: Janelas Tier 3 - Quantidade - nº3 e nº4



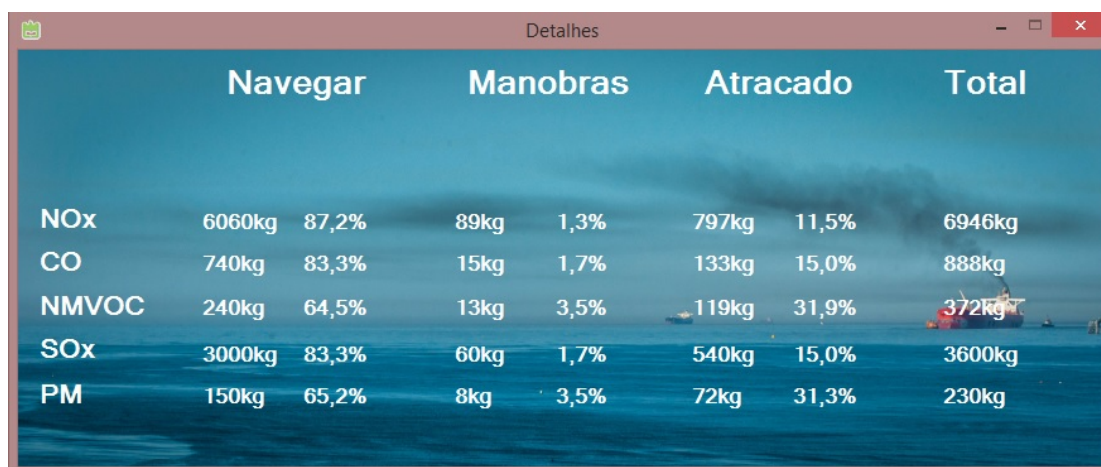
(a) Janela Tier 3 - Quantidade - nº 3

(b) Janela Tier 3 - Quantidade - nº 4

Nesta janela aparecem 3 caixas de texto, para que se possa colocar a quantidade consumida em cada fase da viagem. Novamente tendo todos os dados inseridos clica-se em **"Calcular"**.

Nesta janela, uma vez que se está no Tier 3, e por isso foram inseridos valores separados para cada fase de viagem, é também possível obter os resultados em separado para cada fase de viagem, isto é, os resultados detalhados. Para isto apenas se tem de fazer clique em **"Detalhes"**. Nesta janela se for exportado o ficheiro para o excel, este vai conter os resultados detalhados.

Figura 4.9: Janela Tier 3 - Quantidade - nº 5



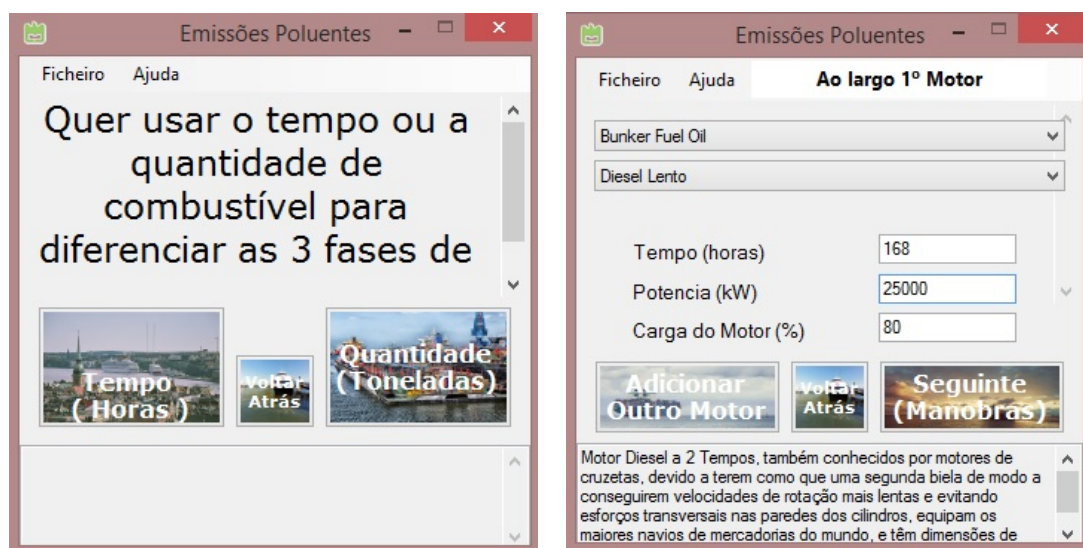
	Navegar		Manobras		Atracado		Total
NOx	6060kg	87,2%	89kg	1,3%	797kg	11,5%	6946kg
CO	740kg	83,3%	15kg	1,7%	133kg	15,0%	888kg
NMVOC	240kg	64,5%	13kg	3,5%	119kg	31,9%	372kg
SOx	3000kg	83,3%	60kg	1,7%	540kg	15,0%	3600kg
PM	150kg	65,2%	8kg	3,5%	72kg	31,3%	230kg

Assim tem-se os resultados absolutos e relativos das emissões para que se possa ter logo uma ideia das fases mais significativas.

4.1.4 Tier 3 - Tempo

Neste método a quantidade de combustível deixa de ser um dado de entrada, passando a ser feito o cálculo por meio da potência, isto é, a carga aplicada aos motores a multiplicar pela potência máxima destes, pelo tempo que se encontram em funcionamento na situação em análise, como exemplificado pelas figuras 4.10, 4.11, e 4.12.

Figura 4.10: Janelas Tier 3 - Tempo - nº1 e nº2



(a) Janela Tier 3 - Tempo - nº 1

(b) Janela Tier 3 - Tempo - nº 2

Neste modo vai-se fazer clique em "**Tempo (Horas)**".

Nas 3 caixas de texto que aparecem nesta janela, desta vez, devem ser inseridos, os valores correspondentes as horas de funcionamento do motor, os valores de potência e ainda a carga do motor. No topo da janela existe uma caixa de texto a informar a fase e o motor para o qual se estão a dar os valores.

Depois dependendo do pretendido pode-se avançar para a fase de viagem seguinte (Manobras) ou ainda adicionar um outro motor, caso a embarcação tenha vários motores, embora que o recomendável, nas situações em que são motores do mesmo tipo a funcionarem com a mesma carga, simplesmente inserir a potência total logo de início.

Figura 4.11: Janelas Tier 3 - Tempo - nº3 e nº4

The figure consists of two side-by-side screenshots of a software window titled 'Emissões Poluentes'.
 Screenshot (a) is titled 'Em Manobra 1º Motor'. It features a menu bar with 'Ficheiro' and 'Ajuda'. Below the menu, there are two dropdown menus for fuel type, currently showing 'Bunker Fuel Oil' and 'Diesel Lento'. Three input fields are present: 'Tempo (horas)' with the value '1', 'Potencia (kW)' with '25000', and 'Carga do Motor (%)' with '20'. At the bottom, there are three buttons: 'Adicionar Outro Motor', 'Voltar Atrás', and 'Seguinte (Atracado)'. A text box at the very bottom describes 'Motor Diesel a 2 Tempos...'.
 Screenshot (b) is titled 'Atracado 1º Motor'. It has a similar layout. The fuel dropdowns show 'Diesel Marítimo/Gás Marítimo' and 'Diesel Médio Auxiliar'. The input fields show 'Tempo (horas)' as '12', 'Potencia (kW)' as '1000', and 'Carga do Motor (%)' as '75'. The buttons at the bottom are 'Adicionar Outro Motor', 'Voltar Atrás', and 'Calcular'. The bottom text box describes 'Gerador eléctrico para navios com grandes necessidades energéticas'.

(a) Janela Tier 3 - Tempo - nº 4

(b) Janela Tier 3 - Tempo - nº 4

Aqui repete-se o tipo de janela, sendo que os valores inseridos anteriormente para evitar que o utilizador esteja repetidamente a inserir os mesmos valores de potência.

Nesta fase para explorar o software vai-se clicar em **"Adicionar Outro Motor"**

Figura 4.12: Janela Tier 3 - Tempo - nº 5

This screenshot shows the 'Atracado 2º Motor' window. The fuel dropdowns are 'Diesel Marítimo/Gás Marítimo' and 'Diesel Rápido Auxiliar'. The input fields show 'Tempo (horas)' as '24', 'Potencia (kW)' as '100', and 'Carga do Motor (%)' as '75'. The buttons at the bottom are 'Adicionar Outro Motor', 'Voltar Atrás', and 'Calcular'. The bottom text box describes 'Gerador eléctrico para embarcações com uma potencia instalada razoável'.

Pode-se verificar no topo da janela que agora se estão a inserir dados para o 2º motor. Após tudo completo vai-se carregar em **"Calcular"** e vão aparecer os resultados tal como no método do Tier 3 Quantidade.

4.2 Avaliação de Emissões para o Porto de Leixões

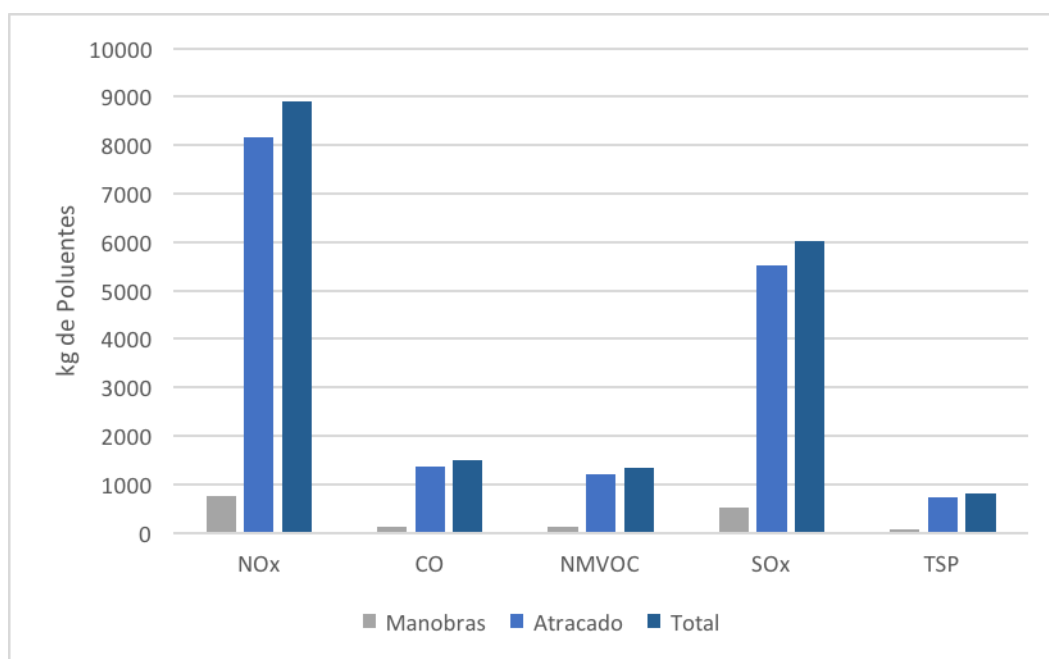
A amostra analisada, corresponde a todos os navios que entraram no Porto de Leixões no ano de 2016 até ao dia 15 de maio, com o motivo de entrada, *Turismo*, tendo sido usados os valores específicos de cada navio e ainda as cargas indicadas na metodologia de referência, EMEP/EEA, pelo que não foi desenvolvida uma análise estatística.

Com isto os valores de emissões totais são os seguintes indicados na tabela 4.1 e na figura 4.13.

Tabela 4.1: Emissões devido aos navios cruzeiro no Porto de Leixões 2016

	Manobras _(kg)	Manobras _(%)	Atracado _(kg)	Atracado _(%)	Total _(kg)
NO _x	750	9	8157	91	8907
CO	125	9	1363	91	1488
NM VOC	112	9	1215	91	1327
SO _x	508	9	5524	91	6032
TSP	68	9	737	91	804

Figura 4.13: Emissões poluentes totais dos navios de cruzeiro no Porto de Leixões.



Estes valores correspondem a 202 toneladas e 84 quilos de combustível consumido, ao longo de 4 meses e meio.

No total os motores geraram 3109 GJ de energia, que apenas 2,36% de todo o combustível consumido foi usado para movimentação dos navios, já que foi considerado que 30% da potência instalada seria para suportar a instalação elétrica a bordo, isto é, a componente hoteleira do navio [31]. Assim, durante um total de 174 horas, os 13 navios, nas 14 estadias no Porto de Leixões, consumiram 3036 GJ só para alimentar a parte hoteleira.

As emissões anuais estimadas de NO_x na cidade do Porto, devido ao tráfego rodoviário, são de 2200 toneladas, ou seja estes navios contribuíram com 0,4% das emissões deste poluente. Já para as emissões de CO o contributo dos navios fica pelos 0,02% [32]. Mas quando se fala das emissões de SO_x as mais de 6 toneladas emitidas num total de 76 toneladas emitidas pelo tráfego rodoviário na cidade do Porto, tem já um peso significativo de 8% em apenas quatro meses e meio. Segundo o estudo da Agência Portuguesa do Ambiente, é em Matosinhos, o concelho onde está inserido o Porto de Leixões, que se encontra a maior emissão de SO_x por km^2 de Portugal em 2009, excluindo as fontes naturais [33]. Este valor é de 126,2 toneladas de SO_x por km^2 , sendo que não surpreendentemente, o segundo concelho com maiores emissões de SO_x é o de Sines também muito marcado pelo setor portuário, com 78,42 toneladas por km^2 , enquanto que o concelho de Aveiro tem 7,11 toneladas de SO_x por km^2 , e para se separar este poluente da industria, o concelho de Águeda tem um valor de 0,35 toneladas de SO_x por km^2 , e para se diferenciar de outro concelho costeiro com uma area reduzida, Espinho tem 1,67 SO_x por km^2 .

Obtendo os valores absolutos dos poluentes, Matosinhos tem 5411,74 toneladas de NO_x e 7813,54 toneladas de SO_x enquanto que o Porto tem 2819,25 toneladas de NO_x e 212,58 toneladas de SO_x . Assim pode-se verificar que as emissões de NO_x dos navios de cruzeiro nos primeiros quatro meses e meio do ano corresponderiam a 0,165% sendo que extrapolando para o ano inteiro corresponderia a 0,44%. Para os valores de SO_x as percentagens já seriam de 0,08% para os quatro meses e meio e extrapolando 0,21% do total emitido.

Ainda é de notar a variação das emissões dos navios ao longo das 9 quinzenas em estudo, devido ao setor turístico ter uma actividade mais concentrada em certas épocas do ano como é evidenciado nas figuras 4.14 e 4.15.

Figura 4.14: Emissões quizenais de NO_x e SO_x , dos navios de cruzeiro no Porto de Leixões entre janeiro e maio de 2016.

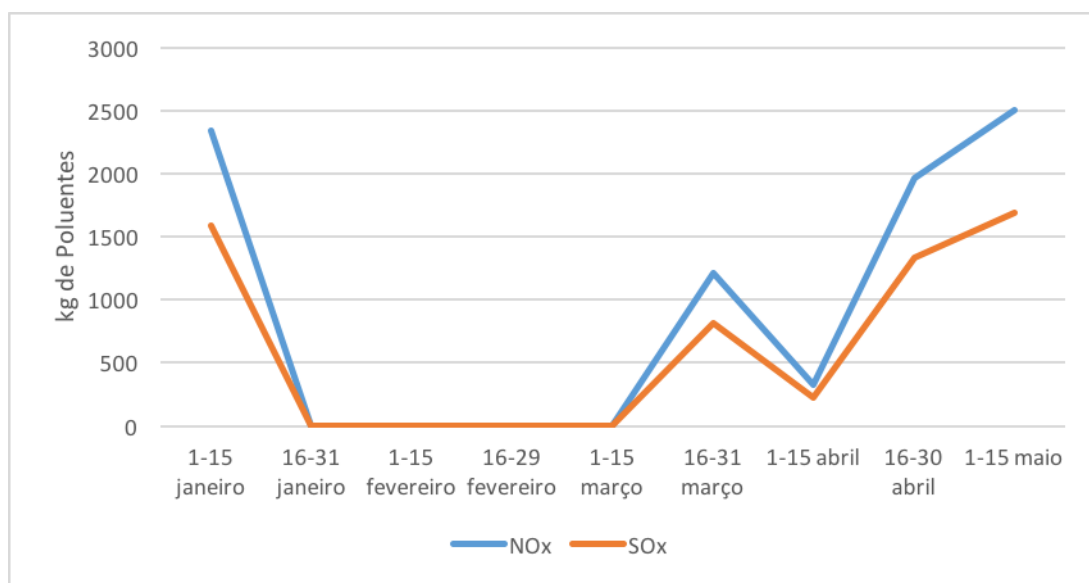
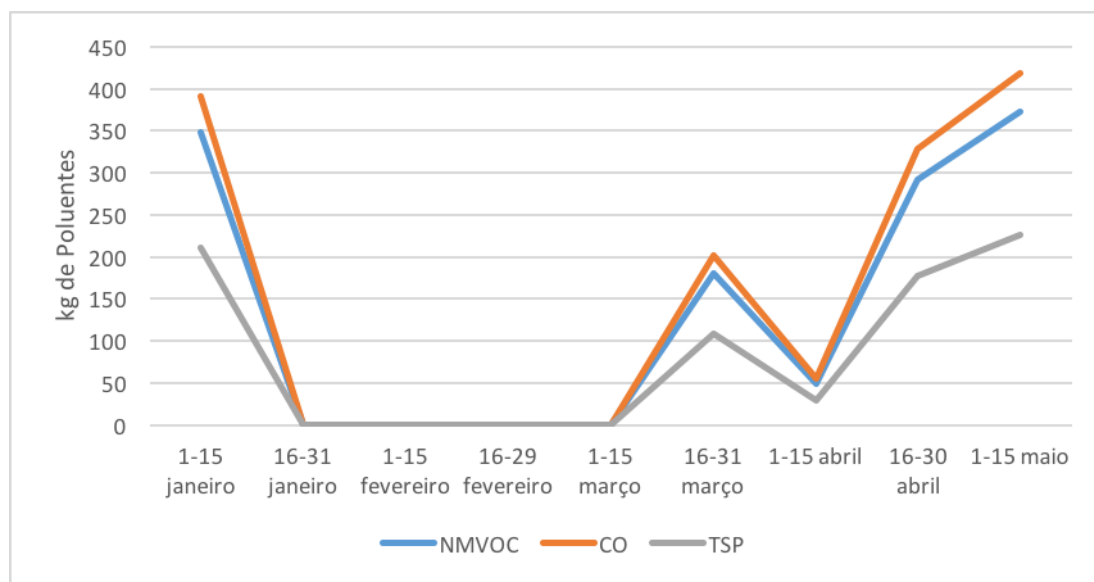


Figura 4.15: Emissões quizenais de NMVOC, CO e TSP, dos navios de cruzeiro no Porto de Leixões entre janeiro e maio de 2016.



4.3 Estimativa de emissões nas viagens dos navios cruzeiro

Por forma a complementar os valores de emissões dos navios cruzeiro no Porto de Leixões, foram também obtidos os valores de emissões poluentes destes navios durante as suas viagens marítimas, isto é, em navegação, que como demonstrado pela tabela 4.2 chegam a ser 11 vezes superiores às emissões em manobras e atracado, no caso do NO_x . Neste caso foram percorridos no total 23123,52km em 595,2 horas, o que representa aproximadamente três quintos de uma volta ao mundo, num período de funcionamento dos motores correspondente a 3 semanas e meia.

Tabela 4.2: Emissões devido aos navios cruzeiro, ao largo de e para, o Porto de Leixões 2016

	Navegação _(kg)	Emissões específicas _(g/km)
NO_x	99913	4321
CO	12201	528
NMVOC	3957	171
SO_x	49462	2139
TSP	2473	107

Sendo a actividade destes navios pouco regular devido às épocas turísticas, nas figuras 4.16 e 4.17 estão colocados os valores das emissões dos navios cruzeiro ao largo até

chegarem ao Porto de Leixões e ao largo deste porto até à sua próxima paragem.

Figura 4.16: Emissões quinzenais de CO e TSP dos navios de cruzeiro ao largo, de e para, o Porto de Leixões ao longo do tempo.

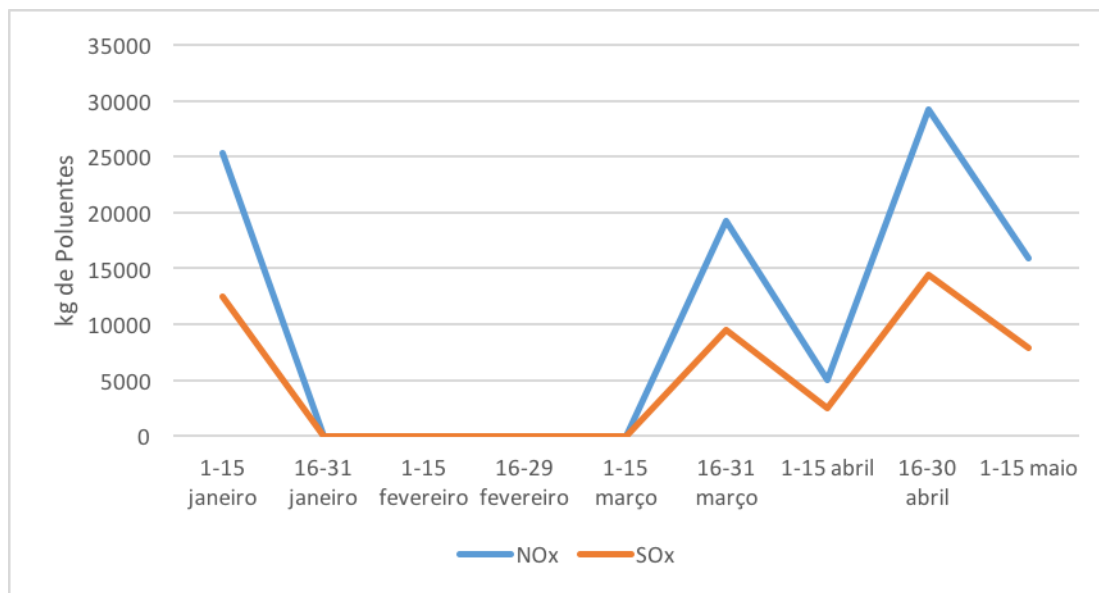
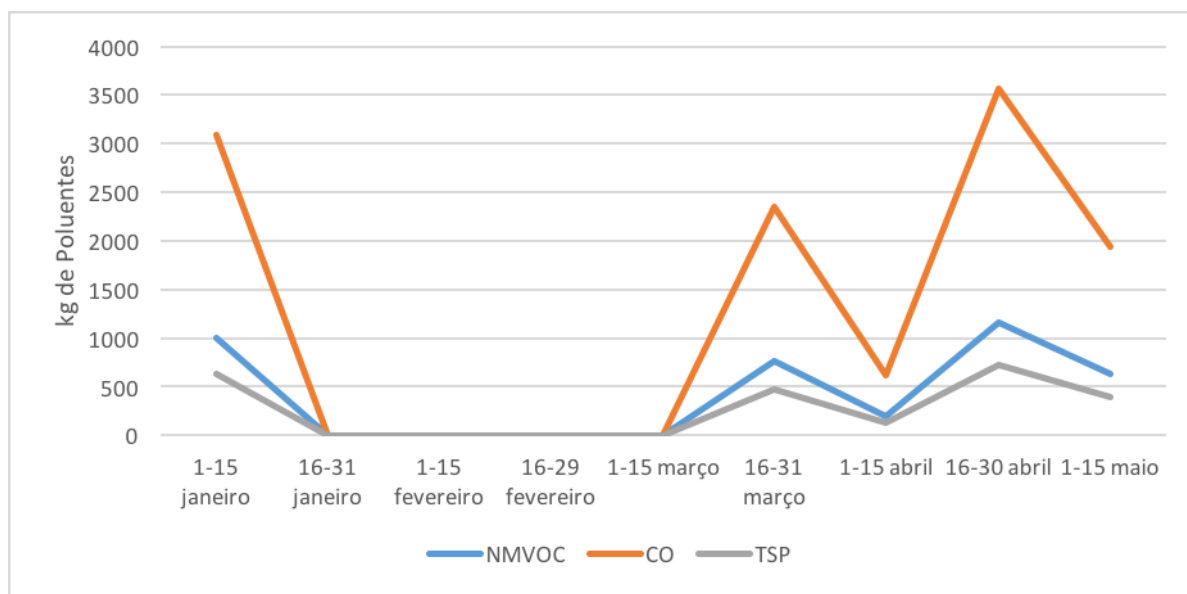


Figura 4.17: Emissões quinzenais de NMVOC, CO e TSP dos navios de cruzeiro ao largo, de e para, o Porto de Leixões ao longo do tempo.



Juntando os valores em manobras e atracados a estes ao largo obtêm-se os valores de emissões poluentes destes navios nas 3 fases de viagem, de acordo com a tabela 4.3

Tabela 4.3: Emissões totais devido aos navios de cruzeiro que entraram no Porto de Leixões.

	Nav. (kg)	Nav. (%)	Man. (kg)	Man. (%)	Atrac. (kg)	Atrac. (%)	Total (kg)
NO _x	99913	92	750	1	8157	7	108820
CO	12201	89	125	1	1363	10	13688
NM VOC	3957	75	112	2	1215	23	5284
SO _x	49462	89	508	1	5524	10	55494
TSP	2473	75	68	2	737	22	3277

Com estes resultados é notável que tanto as TSP como os NM VOC apresentam uma percentagem significativa em manobras e atracado, isto pode ser devido aos motores não estarem a trabalhar na rotação ideal nestas situações, ou por outro ponto de vista, o motivo também pode ser devido ao regime de funcionamento dos motores ao largo ser mais elevado. Ou seja reações com temperaturas e pressões mais elevadas, resultando em condições mais propícias à formação de NO_x. Também as misturas de ar combustível mais ricas em combustível, usada num regime de funcionamento mais elevado, junta mais carbono e enxofre na reação sendo mais provável a formação de CO e SO_x.

4.4 Estimativa de emissões de outro tipo de navios

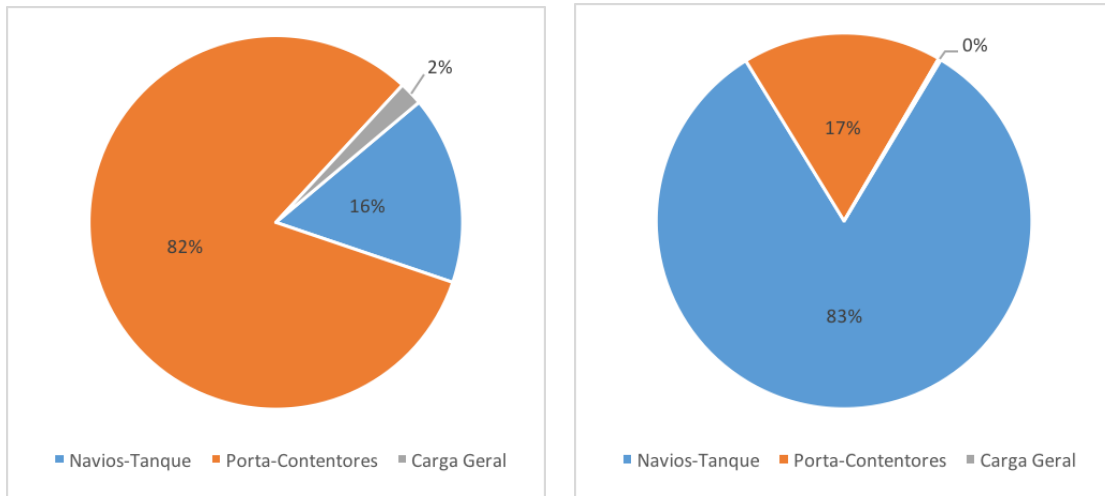
O total de emissões devido aos seis navios nesta amostra é dado na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Emissões devido aos navios de carga no dia 24 de maio de 2016 no Porto de Leixões.

	Nav. (kg)	Nav. (%)	Man. (kg)	Man. (%)	Atrac. (kg)	Atrac. (%)	Total (kg)
NO _x	67719	97,7	165	0,2	810	2,1	68694
CO	6015	97,1	20	0,3	102	2,6	6137
NM VOC	2357	94,9	21	0,8	67	4,3	2445
SO _x	56074	97,7	182	0,3	702	2,0	56959
TSP	6525	96,7	29	0,4	88	2,9	6642

Estes navios, uma vez que usam como combustível o BFO têm emissões de SO_x muito mais significativas sendo estas apenas 17% inferiores quando comparadas com as emissões de NO_x.

É notável ainda que 95% ou mais do total das emissões, foram em navegação, já que excluindo os navios-tanque, os 4 navios restantes no qual se inserem os porta-contentores, que têm cerca de 90% do total da potência dos motores principais analisados, ou 85% contabilizando também os motores auxiliares, apenas se mantêm em funcionamento durante 5% do tempo total de acordo com a tabela 3.8. Assim, é de destacar as parcelas das emissões, apenas quando os navios estão atracados, onde, como demonstra a figura 4.18, os navios-tanque são responsáveis pela grande maioria das emissões de NO_x.

Figura 4.18: Parcelas das emissões de NO_x 

(a) Parcela das emissões totais de NO_x correspondente a cada tipo de navio.

(b) Parcela das emissões de NO_x quando os navios estiveram atracados.

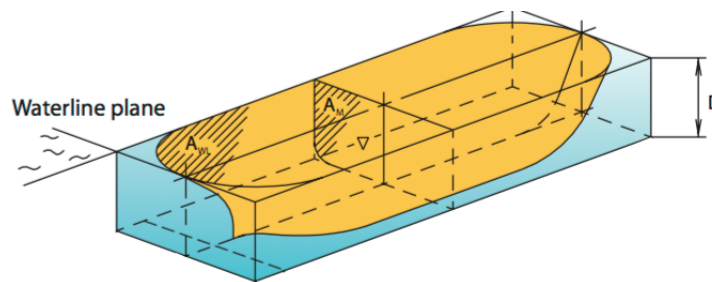
4.5 Análise comparativa de emissões.

4.5.1 Tipos de Navios

Nesta secção foram seleccionados 3 navios, de cada tipo. O navio cruzeiro escolhido foi o Aidamar, já que tratando-se do 2º navio cruzeiro com maior comprimento e também o 2º mais potente, com a duração das suas viagens e da sua estadia no Porto de Leixões, acabou por ser o que teve maiores emissões poluentes. O navio-tanque seleccionado foi o Willy, devido a ser o maior do seu tipo em comprimento e calado, e foi o navio do seu tipo que teve maiores emissões poluentes.

O calado de um navio é a distância vertical entre o plano de nível que contém a linha de água do navio, isto é, a linha resultante da intersecção do casco do navio com o plano de superfície da água, até ao ponto do navio com a menor cota, ou seja o ponto mais baixo do casco, aquele que é o primeiro a colidir com a superfície terrestre no caso de um encalhamento. Esta distancia, o calado, está representado na figura 4.19 com a letra "D".

Figura 4.19: Calado [34].



O navio porta-contentores indicado foi o Martha Schulte, que tendo cerca de 14 metros a menos de comprimento do que o Aidamar mas com 9,7 metros de calado, é o maior navio porta-contentores analisado, sendo o mais poluente do seu tipo (em termos de emissões absolutas).

As figuras 4.20 e 4.21 demonstram a emissão de poluentes de cada um dos navios.

Figura 4.20: Emissões poluentes totais de NO_x e SO_x relativos aos navios de carga que entraram no dia 24 de maio de 2016 no Porto de Leixões.

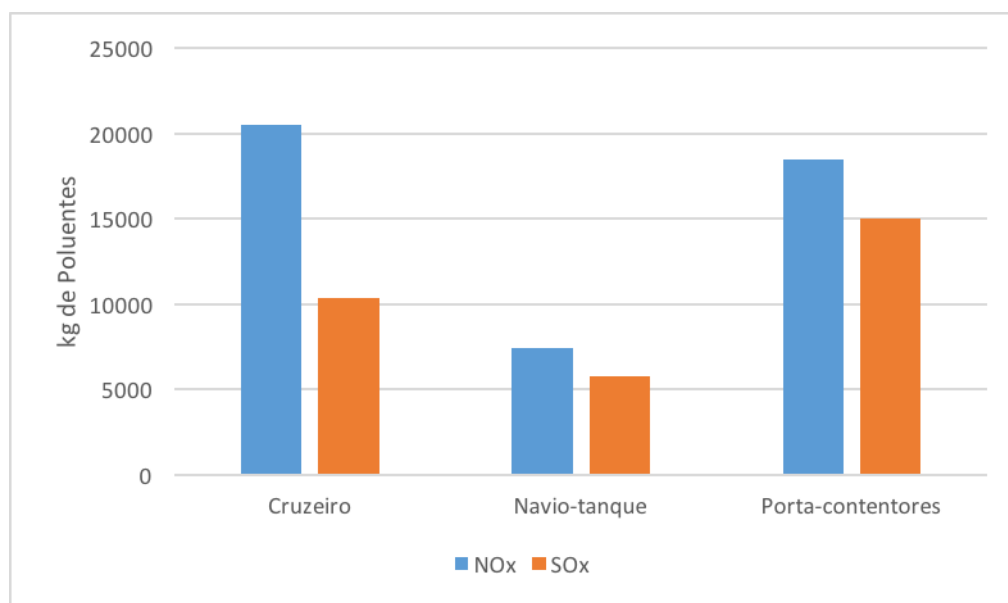
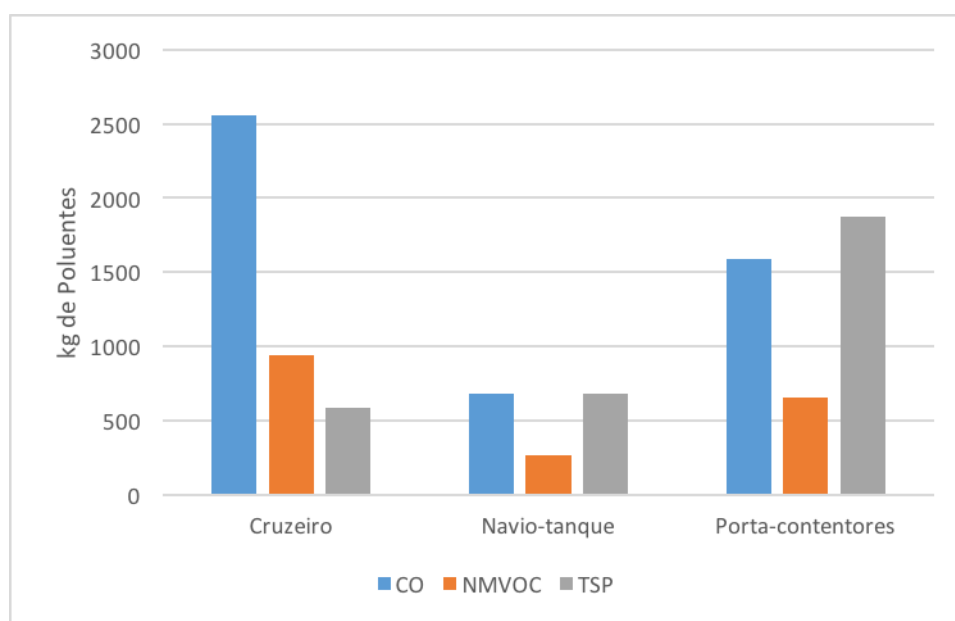


Figura 4.21: Emissões poluentes totais de CO, NMVOC e TSP relativos aos navios de carga que entraram no dia 24 de maio de 2016 no Porto de Leixões.

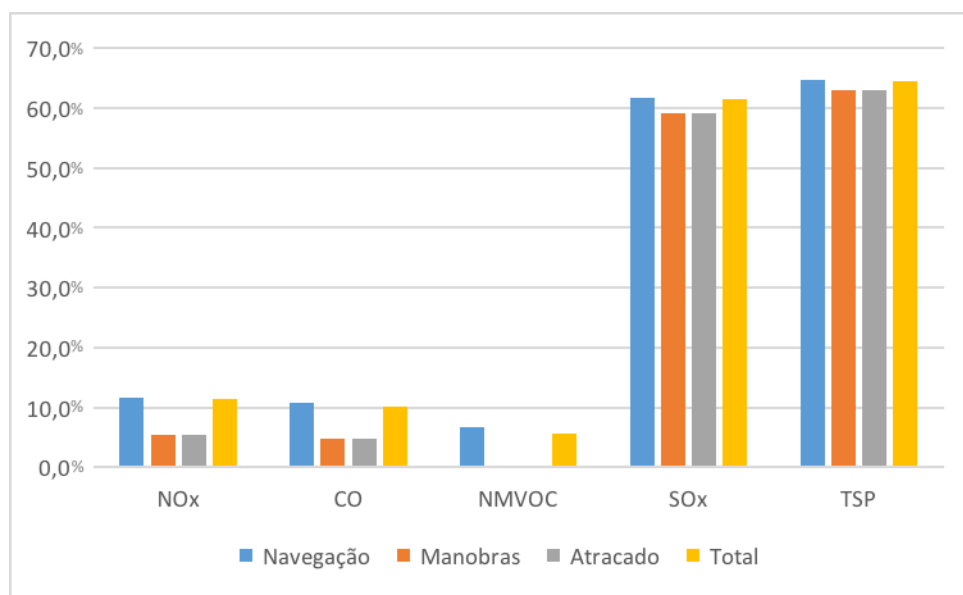


Dos resultados anteriores é verificado que o navio-cruzeiro, sendo o navio com maior potência instalada, 36000 kW, enquanto que o porta-contentores tem 27191 kW e o navio-tanque 4329 kW, e também por manter o funcionamento dos motores, mesmo que a 30% de carga, durante todo o período atracado, faz com que este, relativamente ao navio porta-contentores, tenha emissões de NO_x , CO e NMVOC, superiores em 11%, 61% e 44% respectivamente. Quanto ao menos potente, navio-tanque, as emissões de NO_x do navio cruzeiro são sempre superiores, representando quase 5 vezes as emissões do navio-tanque no caso do NO_x e do CO enquanto que a potência máxima do navio cruzeiro é mais de 8 vezes a potência do navio-tanque. Devido ao tipo de combustível usado pelo navios de carga, relativamente ao SO_x e às TSP, o porta-contentores é aquele com maiores emissões poluentes.

4.5.2 Tipo de combustível em navios cruzeiro

Nos navios de cruzeiro, já que andam sobretudo junto à costa, e em locais ambientalmente protegidos, é muito habitual eles funcionarem a MDO devido ao seu relativamente reduzido teor de enxofre, pelo que, de modo a verificar o benefício deste combustível relativamente ao BFO foram obtidos os valores de emissões para o Aidamar, se este tivesse consumido este segundo combustível previsivelmente mais poluente. Na figura 4.22 estão expressos os valores em percentagem de variação.

Figura 4.22: Variações percentuais de emissões poluentes quando se substitui o MDO por BFO, num navio cruzeiro.



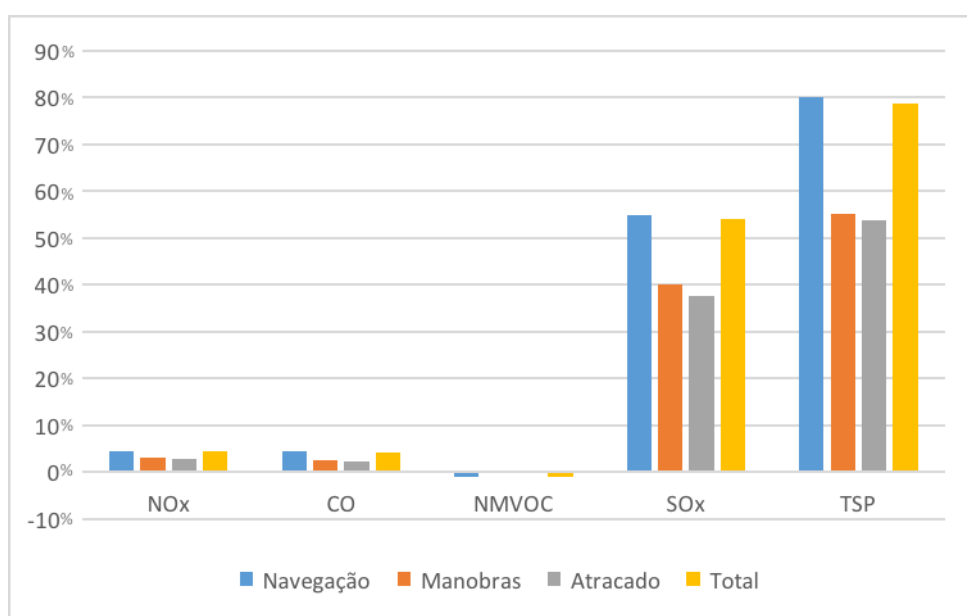
Nos resultados da anterior figura verifica-se que os principais aumentos de emissões poluentes, da ordem do 60%, são de SO_x e de TSP pelo que é muito significativo o tipo de combustível usado neste tipo de navios. Isto deve-se a uma combinação de factores de emissões e ainda ao tipo de motor ser um diesel médio. Primeiro a utilização de BFO em vez de MDO, resulta num aumento de combustível em cerca de 4,9%, mas como foi considerado na ferramenta computacional que o teor de enxofre do BFO é de 3,5% e para

o MDO é 1,5% as emissões de SO_x vão ser sempre maiores, já que assim como no caso das TSP as emissões vão passar a ser mais do triplo do que inicialmente com o MDO.

4.5.3 Tipo de combustível em navios-tanque

Nos navios-tanque, o principal combustível usado é o BFO, e estes navios tal como os navios cruzeiro, mantêm os seus motores em funcionamento devido à necessidade de alimentar as grandes bombas necessárias para as cargas e descargas. Pelo que terá interesse saber quais as vantagens se fosse substituído o combustível deste navio em termos de emissões poluentes. Na figura 4.23 são demonstrados os valores de variação de MDO para BFO, em percentagem, sendo que a variação é feita assim de modo à maioria dos resultados serem positivos.

Figura 4.23: Variações percentuais de emissões poluentes quando se substitui o MDO por BFO, num navio-tanque.



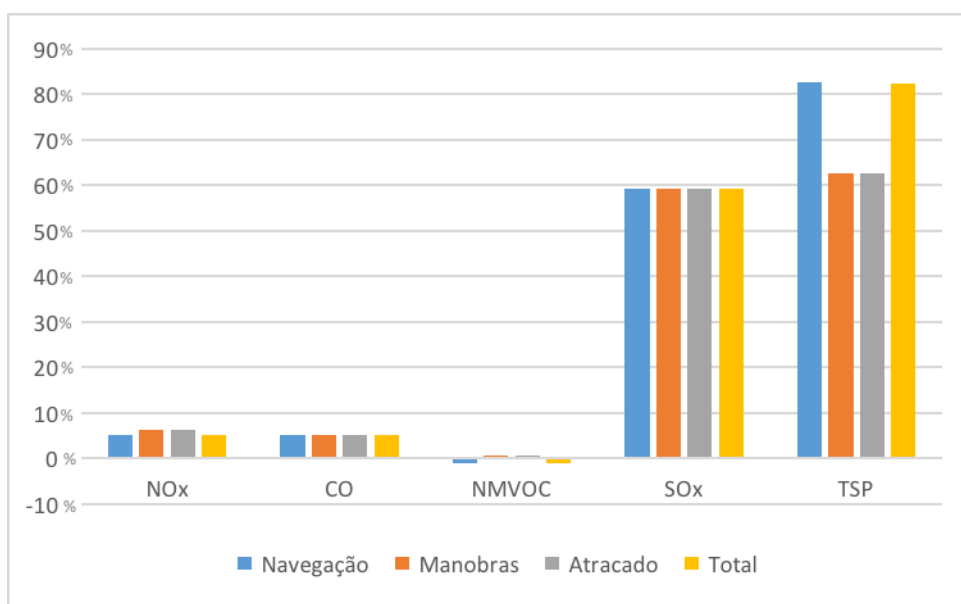
Nestes resultados é notável que não é vantajosa a substituição em todos os casos, já que nos NMVOC, usar BFO vai resultar numa pequena diminuição de 1% deste tipo de poluente, embora que nos SO_x e de TSP é sempre mais vantajoso o uso de MDO já que o uso do BFO resultaria num aumento de 54% dos SO_x e de 79% para as TSP. Aqui o motor principal já é um diesel lento, que resulta num aumento de 5,4% no consumo quando alterando o combustível de MDO para BFO, mas a aqui os NMVOC têm uma redução de 5% por cada toneladas de combustível consumido, que tendo em conta as variações de carga em função da fase de viagem, de todos os motores, foi resultar num ligeiro decréscimo das emissões deste poluente.

4.5.4 Tipo de combustível em navios porta-contentores

Este tipo de navios, é aquele que habitualmente percorre grande distâncias em relativamente pouco tempo, sendo estes navios apenas mais lentos do que os navios militares

e os de passageiros, embora que os de passageiros não costumam estar vários dias em mar, ao contrário destes porta-contentores. Eles consomem principalmente o BFO pelo que na figura 4.24 estão expressos os valores em percentagem do aumento de emissões devido ao consumo deste combustível relativamente ao MDO

Figura 4.24: Variações percentuais de emissões poluentes quando se substitui o MDO por BFO, num porta-contentores



Verifica-se que tal como nos anteriores as emissões de SO_x e TSP são aquelas que aumentam muito quando é usado o BFO com aumentos de 60% e 80% respetivamente. Nos restantes poluentes o aumento já é menos notório, cerca de 5% nos NO_x e no CO, enquanto que nos NMVOC a utilização do BFO resulta num decréscimo de 1,3%. Sendo que as alterações mais notáveis, assim como nos anteriores deve-se ao facto do teor de enxofre do BFO representar mais de 2 vezes o teor de enxofre do MDO. Da mesma forma que no caso anterior do navio-tanque verifica-se uma pequena redução das emissões dos NMVOC, sendo que neste caso já não se verificam grandes discrepâncias entre as diferentes fases de viagem, já que este tipo de navio não tem motores auxiliares significativos.

Nos resultados de Dore et al. onde foi avaliado a redução do máximo teor de enxofre nos combustíveis marítimos, para 1%, a redução de todo o enxofre depositado no Reino Unido em 2020, seria de 6%, que está de acordo com a análise de sensibilidade, onde a reduções das emissões de SO_x são de 60% para os navios cruzeiro e os porta-contentores [18].

Capítulo 5

Conclusões e Trabalho Futuro

Com a realização desta Dissertação de Mestrado, pretendeu-se criar uma ferramenta informática que fosse fazer a estimativa das emissões de poluentes por parte dos meios de transporte marítimos, assente na metodologia EMEP/EEA, que permitisse, com facilidade e rapidez, obter estimativas fiáveis de emissões poluentes provenientes destes meios de transporte. Para isto foi utilizado o Visual Studio onde foi elaborada a ferramenta informática. Estando a ferramenta informática concluída, foi aplicada na estimativa das emissões poluentes pelo qual os navios cruzeiro são responsáveis, no Porto de Leixões.

Os resultados foram devidamente tratados e comparados com outras estatísticas relevantes para o estudo. Aqui foi observado que os poluentes emitidos pelos navios analisados ocorrem na sua maioria quando os navios estão em navegação, e que a minoria dos poluentes são emitidos quando os navios se encontram em manobras.

Posicionando os tipos de poluentes emitidos, por ordem decrescente, temos o NO_x como o mais abundante, seguido pelos SO_x , CO, NMVOC e por último as TSP.

Comparando entre os diferentes tipos de navios, os resultados demonstraram que o tipo de combustível vai afetar em muito as emissões de SO_x e de TSP sendo a sua influência menos notória nos restantes poluentes. Relativamente aos tipos de motores, apenas consultando a tabela 3.7 se consegue distinguir as diferenças de consumos em função da energia fornecida pelos motores, que, comparando entre os motores diesel, é mais reduzido para os motores diesel lentos, resultando numa redução das emissões dos poluentes que dependem da quantidade consumida de combustível como é o SO_x e o CO, embora que depois acabam por ter maiores emissões de NO_x e TSP. O valor de potência instalada vai sempre ter um grande peso nas emissões poluentes, pelo que avaliar um navio entre o máximo que ele transporta e a sua potência é um bom indicio para determinar se ele é eficiente. Com isto, o tipo de embarcação acaba por ser um fator importante nas emissões poluentes, mais significativamente nos portos, devido ao manter ou não os seus motores em funcionamento durante todo o período atracado, como é o caso dos navios-tanque e dos navios cruzeiro, sendo que nestes casos poderia ser vantajoso, embora de muito difícil aplicação, o fornecimento de energia elétrica, proveniente de fontes renováveis ou de reduzidas emissões poluentes, aos navios por parte dos portos.

No futuro seria oportuno complementar esta ferramenta computacional com mais métodos de cálculo, que utilizassem a força de arrasto devido ao tamanho dos cascos dos navios, das formas destes e de modo a ser possível obter a carga necessária nos motores para manter as velocidades pretendidas e assim conseguir analisar a influência destes três fatores nos consumos, e consecutivamente nas emissões poluentes, concluindo novas

medidas para reduzir a poluição destes navios. Também é igualmente importante manter os dados de consumos e emissões o mais actualizados possíveis, sendo que para alcançar este objectivo seria relevante desenvolver medições experimentais de emissões a bordo de embarcações. Seria ainda uma mais valia a adaptação desta ferramenta computacional de modo a poder funcionar em outro tipo de sistemas operativos além do Windows, como para Windows Phone, Android, ou o software ser feito em html de modo a apenas ser necessária ligação à internet para se utilizar, para que esta ferramenta possa usufruir das vantagens de vários equipamentos, como é a portabilidade de um smartphone, no qual seria uma mais valia a criação de uma base de dados para cada utilizador, onde ficariam registados os valores que ele calculou no smartphone e que depois poderá tratar como entender no computador, enquanto que de momento tem de ser enviado o ficheiro compatível com o excel de um computador para outro.

Referências bibliográficas

- [1] IPCC, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-3.html#2-3-1. Acedido a 17 de fevereiro de 2016.
- [2] NOAA, Administração Oceânica e Atmosférica Nacional. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>. Acedido a 12 de fevereiro de 2016.
- [3] BP, BP Statistical Review of World Energy, junho de 2015.
- [4] IEA, Agência Internacional de Energia, Key World Energy Statistics, 2015.
- [5] Review of Maritime Transport 2015, UNCTAD, Conferência das Nações Unidas Sobre o Comercio e Desenvolvimento, 2015.
- [6] IMO, Organização Marítima Internacional. <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>. Acedido a 12 de fevereiro de 2016.
- [7] GVB, Global Vision Bunkers. <http://gvbgroup.net/technical-guides/iso-82171996/rmg35>. Acedido a 27 de fevereiro de 2016.
- [8] Lima R., Portal Laboratórios Virtuais de Processos Químicos, Departamento de Eng^a. Química, Universidade de Coimbra. http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=224&Itemid=415. Acedido a 27 de fevereiro de 2016.
- [9] Kyunghee Park, Slowing Boat From China Provides Clue to Health of World Trade, Bloomberg L.P., 17 de dezembro de 2015. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-17/slowing-boat-from-china-provides-clue-to-health-of-world-trade>. Acedido a 19 de fevereiro de 2016.
- [10] Nabu/Quercus avaliam poluição dos grandes navios de cruzeiro em Lisboa. <http://www.quercus.pt/comunicados/2015/maio/4299>. Acedido a 21 de fevereiro de 2016.
- [11] Costa, R., 2009. Emissões Atmosféricas de Embarcações em Águas Territoriais Portuguesas. Dissertação de Mestrado. Departamento do Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro.
- [12] Agência Portuguesa do Ambiente, Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (INERPA). <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=150>. Acedido a 28 de fevereiro de 2016.

- [13] Coello, J., Williams, I., Hudson, D. A., Kemp, S., 2015. An AIS-based approach to calculate atmospheric emissions from the UK fishing fleet. Faculty of Engineering and the Environment, University of Southampton.
- [14] Trozzi, C., De Laurentis, R., Rypdal, K., Webster, A., Fridell, E., Reynolds, G., Fontelle, J. P., Lavender, K., Kilde, N., Hill, N., Thomas, R., Winther, M., 2013. International Navigation, National Navigation, National Fishing and Military (Shipping). EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013- Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories. EEA Technical Report No. 12/2013. European Environment Agency, Copenhagen, Luxembourg.
- [15] Seafish, Sea Fish Industry Authority. <http://www.seafish.org>. Acedido a 07 de março de 2016.
- [16] MarineTraffic. <http://www.marinetraffic.com/>. Acedido a 07 de março de 2016.
- [17] EC, European Commission, Scientific Fishery Data. <https://fishreg.jrc.ec.europa.eu/web/>. Acedido a 07 de março de 2016.
- [18] Dore, A. J., Vieno, M., Tang, Y. S., Dragosits, U., Dosio, A., Weston, K. J., Sutton, M. A., 2006. Modelling the atmospheric transport and deposition of sulphur and nitrogen over the United Kingdom and assessment of the influence of SO₂ emissions from international shipping. Centre for Ecology and Hydrology, Penicuik, Midlothian e Institute of Atmospheric and Environmental Science, Crew Building, The University of Edinburgh.
- [19] Culliane, K. e Bergqvist, R., 2014. Emission control areas and their impact on maritime transport. Transport Research Institute, Edinburg Napier University, Merchiston Campus e Logistics and Transport Research Group, Department of Business Administration, School of Business, Economics and Law, University of Gothenburg.
- [20] Schinas, O. e Stefanakos, Ch. N., 2014. Selecting technologies towards compliance with MARPOL Annex VI: The perspective of operators. Hamburg School of Business Administration, Maritime Business School e SINTEF Materials and Chemistry, Environmental Technology.
- [21] Lindstad, H. e Eskeland, G. S., 2015. Low carbon maritime transport: How speed, size and slenderness amounts to substantial capital energy substitution. Norwegian Marine Technology Research Institute (MARINTEK) e Norwegian School of Economics (NHH).
- [22] Carić, H. e Mackelworth, P., 2014. Cruise tourism environmental impacts e The perspective from the Adriatic Sea. Institute for Tourism, Zagreb e Department of Conservation, Blue World Institute of Marine Research and Conservation, Veli Lošinj, Croatia.
- [23] Agência Europeia do Ambiente. <http://www.eea.europa.eu/pt>. Acedido a 4 de julho de 2015.
- [24] Microsoft DreamSpark™. <http://dreamspark.ua.pt/>. Acedido a 17 de setembro de 2015.

-
- [25] Stock Snap. <https://stocksnap.io>. Acedido a 14 de abril de 2016.
- [26] Pexels. <https://www.pexels.com>. Acedido a 14 de abril de 2016.
- [27] Visual Hunt. <https://www.visualhunt>. Acedido a 14 de abril de 2016.
- [28] Leixões. Terminal de cruzeiros com inauguração tripla. <http://expresso.sapo.pt/economia/2015-07-23-Leixoes.-Terminal-de-cruzeiros-com-inauguracao-tripla>. Acedido a 2 de maio de 2016.
- [29] Porto de Leixões. Movimentos de Entrada e Saída do navio. <http://www.apdl.pt/entrada-e-saida-de-navios>. Acedido a 2 de maio de 2016.
- [30] Ports, Sea Route. <http://www.ports.com/sea-route/>. Acedido a 6 de junho de 2016.
- [31] Trindade, J., 2012. Hidrodinâmica e Propulsão. Engenharia de Máquinas Marítimas, Escola Naval Infante Dom Henrique.
- [32] Barros, N., Brás, C., Fontes, T., 2005. Impacte do tráfego rodoviário nas emissões da cidade do Porto. CEMAS, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Fernando Pessoa.
- [33] Agência Portuguesa do Ambiente, 2011. Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2009:: Gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados e gases com efeito de estufa.
- [34] MAN Diesel & Turbo, Basic Principles of Ship Propulsion.

Capítulo 6

Anexos

Neste capítulo estão dispostas as folhas de cálculo do excel usadas neste trabalho.

6.1 Folhas Excel

6.1.1 Registo dos navios cruzeiro

Navio	Nº Imo	Indicativo	Nacionalidade	Comp.	Calado	Tipo	Acostagem	
							Hora	
SAGA PEARL II	8000214	9HA2950	MALTA	164.35	6.40	CRUZEIROS	3/1/16	7:55 AM
BOUDICCA	7218395	CGVA3	ILHAS BAAMAS	206.96	7.40	CRUZEIROS	8/1/16	7:30 AM
AIDAMAR	9490052	ICSI	ITALIA	253.22	8.00	CRUZEIROS	22/2/16	7:05 AM
ASTORIA	5383304	CQRV	PORTUGAL	160.08	7.60	CRUZEIROS	31/3/16	7:15 AM
FRAM	9370018	LADA7	NORUEGA	113.86	7.00	PASSAGEIROS	4/4/16	11:00 AM
L'AUSTRAL	9502518	FLTU	FRANCA	142.10	4.80	PASSAGEIROS	18/4/16	10:30 AM
AMADEA	8913162	CGVE9	ILHAS BAAMAS	190.00	7.40	CRUZEIROS	22/4/16	11:40 AM
ROTTERDAM	9122552	PDGS	PAISES BAIXOS	237.95	8.00	CRUZEIROS	27/4/16	6:20 AM
SAGA PEARL II	8000214	9HA2950	MALTA	164.35	6.40	CRUZEIROS	29/4/16	7:50 AM
VIKING SEA	9725421	LAWP7	NORUEGA	227.20	8.10	PASSAGEIROS	30/4/16	8:30 AM
SILVER EXPLORER	8806747	CGTA8	ILHAS BAAMAS	108.11	5.00	CRUZEIROS	30/4/16	8:30 AM
SEABOURN QUEST	9483126	CGYZ5	ILHAS BAAMAS	198.19	6.40	CRUZEIROS	1/5/16	8:35 AM
THE WORLD	9219331	CGRW4	ILHAS BAAMAS	196.35	6.90	CRUZEIROS	1/5/16	2:20 PM
MEIN SCHIEF 1	9106297	9HJH9	MALTA	259.70	8.50	CRUZEIROS	4/5/16	7:40 AM
CORINTHIAN	8708672	9HUT9	MALTA	88.32	4.20	CRUZEIROS	5/5/16	7:55 AM
OCEAN ENDEAVOUR	7625811	CGCA6	ILHAS BAAMAS	137.10	5.80	PASSAGEIROS	7/5/16	9:05 AM
SEA ADVENTURER	7391422	CGPG6	ILHAS BAAMAS	100.01	5.00	CRUZEIROS	14/5/16	9:00 AM

	Porto		Entrada		Saída		Largada Leixões
Local	Origem	Destino	Douro	Leixões	Douro	Leixões	
D1N12	FUNCHAL	SOUTHAMPTON		3/1/16 7:21 AM		5/1/16 4:36 AM	5/1/16 4:15 AM
TCZ04	SOUTHAMPTON	FUNCHAL		8/1/16 7:14 AM		8/1/16 2:10 PM	8/1/16 2:00 PM
TCZ01	PONTA DELGADA	LA CORUNA		22/2/16 6:46 AM		22/2/16 4:52 PM	22/2/16 4:35 PM
D1N12	AVONMOUTH	LISBOA		31/3/16 6:52 AM		31/3/16 4:30 PM	31/3/16 4:15 PM
D1N03	LISBOA	LA CORUNA		4/4/16 10:45 AM		4/4/16 6:14 PM	4/4/16 5:55 PM
D1N11	LISBOA	LA CORUNA		18/4/16 10:13 AM		18/4/16 7:02 PM	18/4/16 6:50 PM
D1N12	LA CORUNA	PORTO SANTO		22/4/16 11:15 AM		22/4/16 6:40 PM	22/4/16 6:25 PM
TCZ03	LA CORUNA	CADIZ		27/4/16 6:15 AM		27/4/16 1:22 PM	27/4/16 1:05 PM
D1N12	PASALES	VIGO		29/4/16 7:21 AM		29/4/16 8:00 PM	29/4/16 7:50 PM
TCZ03	LISBOA	LA CORUNA		30/4/16 8:22 AM		30/4/16 4:45 PM	30/4/16 4:30 PM
D1N04	LISBOA	VIGO		30/4/16 8:30 AM		30/4/16 6:36 PM	30/4/16 6:15 PM
TCZ03	LISBOA	LA CORUNA		1/5/16 8:17 AM		1/5/16 5:39 PM	1/5/16 5:27 PM
D1N12	LISBOA	SANTANDER		1/5/16 1:37 PM		5/5/16 12:07 AM	4/5/16 11:50 PM
TCZ12	LISBOA	LA CORUNA		4/5/16 7:20 AM		4/5/16 6:09 PM	4/5/16 5:55 PM
D1N10	LISBOA	VIGO		5/5/16 7:32 AM		5/5/16 11:14 PM	5/5/16 10:55 PM
D1N12	LISBOA	BREST		7/5/16 8:32 AM		7/5/16 6:12 PM	7/5/16 6:00 PM
D1N09	LISBOA	LA CORUNA		14/5/16 8:24 AM		14/5/16 6:50 PM	14/5/16 6:38 PM

Motivo Entrada	Agente Navegação	Tempo Manobras		Tempo Atracado	Motores	Nº Motores	Total (kw)
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:55:00	0,92	44:20:00	44,33 Sulzer-Wärtsilä	4	15400
TURISMO WILHELMSEN SHIPS		00:26:00	0,43	6:30:00	6,50 MAN 7L32/40 Mediu	4	14000
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:36:00	0,60	9:30:00	9,50 9000 kW nine-cylindr	4	36000
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:38:00	0,63	9:00:00	9,00 Wärtsilä 16V32	2	10700
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:34:00	0,57	6:55:00	6,92	?	
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:29:00	0,48	8:20:00	8,33 2300	2	4600
TURISMO GARLAND		00:40:00	0,67	6:45:00	6,75 MAN-Mitsubishi 7L5	2	17300
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:22:00	0,37	6:45:00	6,75 Sulzer 16ZAV40S	5	57600
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:39:00	0,65	12:00:00	12,00 Sulzer-Wärtsilä	4	15400
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:23:00	0,38	8:00:00	8,00	?	
TURISMO GARLAND		00:21:00	0,35	9:45:00	9,75 Wärtsilä diesel engin	2	4500
TURISMO JAMES RAWES-NAVEG		00:30:00	0,50	8:52:00	8,87 Wärtsilä 12V32	4	23040
TURISMO WILHELMSEN SHIPS		01:00:00	1,00	81:30:00	81,50	?	
TURISMO UNIVERSAL		00:34:00	0,57	10:15:00	10,25 2 x MAN B&W 9L48/2+2		29250
TURISMO OREY		00:42:00	0,70	15:00:00	15,00 2520	2	5040
TURISMO ICC		00:45:00	0,75	8:55:00	8,92 12800		12800
TURISMO ICC		00:48:00	0,80	9:38:00	9,63 MAN B&W diesel pro	2	5280

Combustível	Viagem Chegada	Viagem Partida	Viagem Total	Distância Total (km)
Diesel	45,6	40,8	86,4	3356,64 https://en.wi.wikipedia.org/wiki/ship-technology.com/projects/sagapearlcruiseship/
Diesel	40,8	48	88,8	3449,88 https://en.wikipedia.org/wiki/MV_Boudicca
Diesel	48	9,6	57,6	2237,76 http://www.ship-technology.com/projects/aidamar-cruise-ship/
Diesel	38,4	9,6	48	1864,8 https://en.wi.wikipedia.org/wiki/marine-oil-gas-engines-generat
	9,6	9,6	19,2	745,92 https://en.wi.wikipedia.org/wiki/imo:9370018
Diesel (Bio-Fu	9,6	9,6	19,2	745,92 http://www.ship-technology.com/projects/laustalluxcruise/
Diesel	9,6	40,8	50,4	1958,04 https://en.wi.wikipedia.org/wiki/M/S_Amadea
Diesel	9,6	24	33,6	1305,36 https://en.wi.wikipedia.org/wiki/M/S_Amadea
Diesel	24	2,4	26,4	1025,64 https://en.wi.wikipedia.org/wiki/M/S_Amadea
	9,6	9,6	19,2	745,92 http://www.cheapower.com/photos/000270f.pdf?PH
Diesel	9,6	2,4	12	466,2 https://en.wikipedia.org/wiki/Silver_Explorer
Fuel Oil	9,6	9,6	19,2	745,92 https://en.wi.wikipedia.org/wiki/MV_Corinthian
	9,6	19,2	28,8	1118,88 https://en.wi.wikipedia.org/wiki/MV_Corinthian
Diesel	9,6	9,6	19,2	745,92 https://en.wikipedia.org/wiki/MV_Corinthian
Diesel	9,6	2,4	12	466,2 https://en.wikipedia.org/wiki/MV_Corinthian
Diesel	9,6	26,4	36	1398,6 https://en.wikipedia.org/wiki/MV_Corinthian
Diesel	9,6	9,6	19,2	745,92 https://en.wikipedia.org/wiki/MV_Corinthian
Total:			595,2	23123,52

6.1.2 Registo dos navios de carga

Navio	Nº Imo	Indicativo	Nacionalidade	Comp.	Calado	Tipo	Acostagem	
							Hora	Local
ENDELO SWAN	9371725	OYR2	DINAMARCA	99.90	6.10	N/T PRODUT. QUIMICOS	24/5/16 2:00 AM	PC012
MARTHA SCHULTE	9449118	D5P5	LIBERIA	239.48	9.70	PORTA-CONTENTORES	24/5/16 7:25 AM	TCN19
MAERSK VOLTA	9292137	9V2317	SINGAPURA	175.54	8.00	PORTA-CONTENTORES	24/5/16 8:20 AM	TCS76
ASIATIC ORCHID	9236286	9V3925	SINGAPURA	149.00	7.00	PORTA-CONTENTORES	24/5/16 11:35 AM	TCS83
WILLY	9171292	ZDFW5	GIBRALTAR	106.30	7.15	NAVIO-TANQUE,N.D.	24/5/16 7:15 PM	PB002
ALECTO	9373278	PHLR	PAISES BAIXOS	88.60	3.70	CARGA GERAL N.D.	24/5/16 7:50 PM	D4N66

Origem	Porto		Entrada		Saída		Largada Leixões	Motivo Entrada
	Destino		Dour	Leixões	Dour	Leixões		
FOS-SUR-MER	HUELVA		24/5/16 1:46 AM		24/5/16 6:53 PM		24/5/16 6:45 PM	DESCARGA
LE HAVRE	ALGECIRAS		24/5/16 7:04 AM		25/5/16 12:34 AM		25/5/16 12:20 AM	DESCARGA/CARGA
BISSAU	ALGECIRAS		24/5/16 7:52 AM		25/5/16 2:35 AM		25/5/16 2:15 AM	CARGA
SINES	ALGECIRAS		24/5/16 11:03 AM		25/5/16 3:08 AM		25/5/16 2:51 AM	DESCARGA/CARGA
DAKHLA	GONFREVILLE L'ORCHER		24/5/16 7:08 PM		25/5/16 5:50 PM		25/5/16 5:40 PM	CARGA
GIBRALTAR	TILBURY		24/5/16 7:25 PM		25/5/16 12:09 PM		25/5/16 11:50 AM	DESCARGA

Agente Navegação	Tempo Manobra	Tempo		Motores	Nº Motores	Total (kW)	Auxiliares	Velocidad e (nós)	Viagem Chegada	Viagem Partida
			Atracado							
ATLANTIC LUSOFRETE	00:22:00	0,37	16:45:00	16,75	Caterpillar/MAK, Type 8M25 of 2640 h	2640	1284kW=3	14,00	98,4	31,2
MARMEDSA	00:35:00	0,58	16:55:00	16,92	B&W 7K90MCC	27191		19,00	21,6	28,8
MAERSK	00:48:00	0,80	17:55:00	17,92	B&W 7S60MC	14325		19,00	117,6	28,8
GARLAND	00:49:00	0,82	15:16:00	15,27	MAN B&W - TYPE 7S50 MC-C	15050		19,00	14,4	28,8
ATLANTIC LUSOFRETE	00:17:00	0,28	22:25:00	22,42	MaK 6 M 32C	3000	1329kW=3	14,00	91,2	62,4
SEALINE	00:44:00	0,73	16:00:00	16,00	MAK	1033,5		12,00	45,6	81,6
Total:										

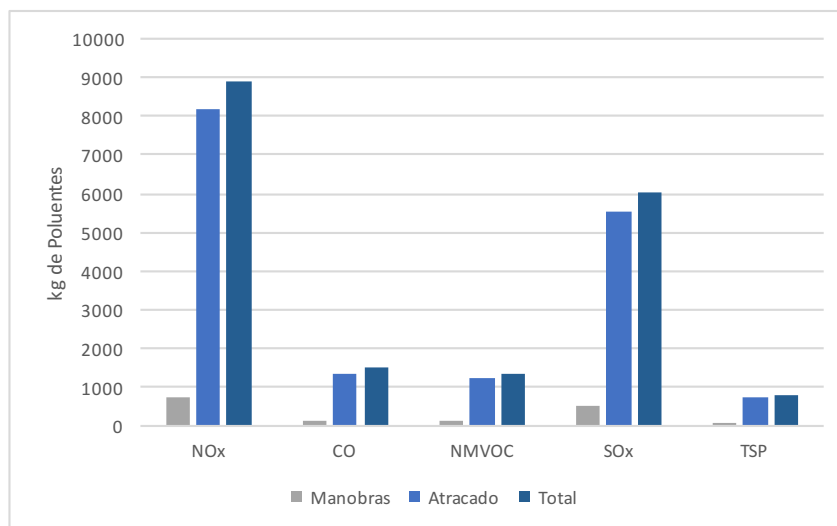
Viagem		Distância	
Total	Total (km)		
112,4	2911,16	http://www.unitankers.com/Files/Billeder/UT/Fleet/pdf-filer/EndeloSwan_May14.pdf	
40,6	1427,09	http://www.container-ship-info.com/vessel_9449118.html	
136,6	4801,49	http://www.container-ship-info.com/vessel_9292137.html	
33,4	1174,01	http://www.asiatclloyd.com/sit-malaysia.com/Reference%20lists.pdf	
105,2	2724,68	http://petership.de/fleet http://pdf.nauticexpo.com/pdf/caterpillar-marine-power-systems/brochure-mak-m-32-c-low-€	
57,6	1278,72	http://www.mtelegraph.com/alecto-imo-9373278.html	
485,8	14317,15		

6.1.3 Resultados das emissões poluentes dos navios cruzeiro no Porto de Leixões

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	0	0	60,85402	2,941176	2008,183	97,05882	2069,037
CO	0	0	10,16523	2,941176	335,4527	97,05882	345,6179
NMVOC	0	0	9,066288	2,941176	299,1875	97,05882	308,2538
SOx	0	0	41,2104	2,941176	1359,943	97,05882	1401,154
TSP	0	0	5,49472	2,941176	181,3258	97,05882	186,8205
NOx	0	0	23,78839	8,72211	248,9483	91,27789	272,7367
CO	0	0	3,973682	8,72211	41,58504	91,27789	45,55872
NMVOC	0	0	3,544094	8,72211	37,08936	91,27789	40,63345
SOx	0	0	16,10952	8,72211	168,588	91,27789	184,6975
TSP	0	0	2,147936	8,72211	22,4784	91,27789	24,62634
NOx	0	0	142,2562	11,76471	1066,921	88,23529	1209,177
CO	0	0	23,76288	11,76471	178,2216	88,23529	201,9845
NMVOC	0	0	21,19392	11,76471	158,9544	88,23529	180,1483
SOx	0	0	96,336	11,76471	722,52	88,23529	818,856
TSP	0	0	12,8448	11,76471	96,336	88,23529	109,1808
NOx	0	0	42,28169	12,90323	285,4014	87,09677	327,6831
CO	0	0	7,062856	12,90323	47,67428	87,09677	54,73713
NMVOC	0	0	6,299304	12,90323	42,5203	87,09677	48,81961
SOx	0	0	28,6332	12,90323	193,2741	87,09677	221,9073
TSP	0	0	3,81776	12,90323	25,76988	87,09677	29,58764
NOx	0	0	8,725044	7,407407	109,0631	92,59259	117,7881
CO	0	0	1,457457	7,407407	18,21821	92,59259	19,67566
NMVOC	0	0	1,299894	7,407407	16,24867	92,59259	17,54857
SOx	0	0	5,908608	7,407407	73,8576	92,59259	79,76621
TSP	0	0	0,787814	7,407407	9,84768	92,59259	10,63549
NOx	0	0	68,36199	16	358,9004	84	427,2624
CO	0	0	11,41938	16	59,95177	84	71,37115
NMVOC	0	0	10,18486	16	53,47049	84	63,65535
SOx	0	0	46,2948	16	243,0477	84	289,3425
TSP	0	0	6,17264	16	32,40636	84	38,579
NOx	0	0	84,21565	6,58363	1194,952	93,41637	1279,167
CO	0	0	14,06762	6,58363	199,6082	93,41637	213,6758
NMVOC	0	0	12,5468	6,58363	178,0289	93,41637	190,5757
SOx	0	0	57,03091	6,58363	809,2224	93,41637	866,2533
TSP	0	0	7,604122	6,58363	107,8963	93,41637	115,5004
NOx	0	0	60,85402	10	547,6862	90	608,5402
CO	0	0	10,16523	10	91,48709	90	101,6523
NMVOC	0	0	9,066288	10	81,59659	90	90,66288
SOx	0	0	41,2104	10	370,8936	90	412,104

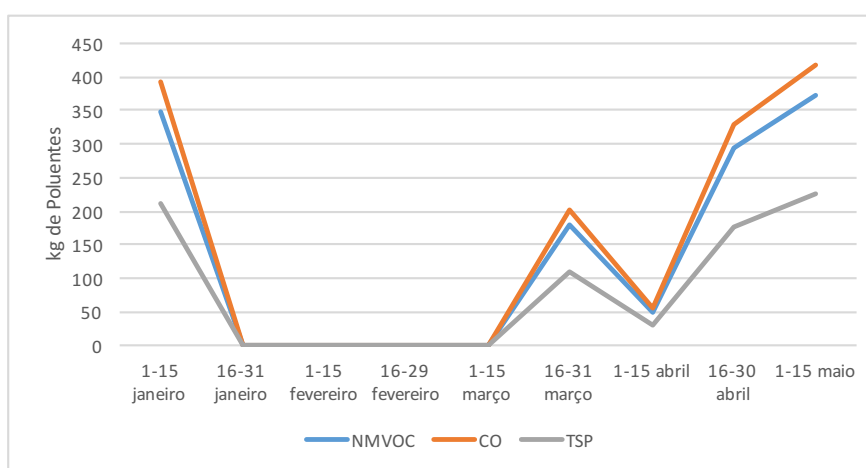
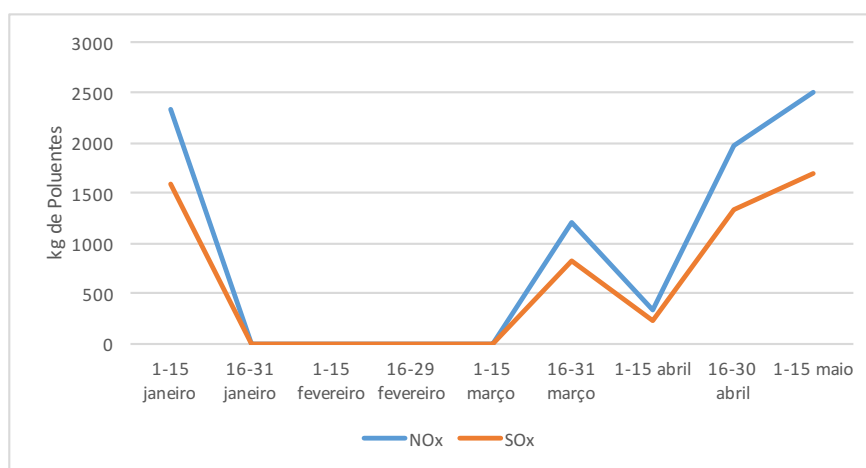
TSP	0	0	5,49472	10	49,45248	90	54,9472
NOx	0	0	6,223707	4,458599	133,3652	95,5414	139,5889
CO	0	0	1,039626	4,458599	22,2777	95,5414	23,31733
NMVOC	0	0	0,927234	4,458599	19,8693	95,5414	20,79653
SOx	0	0	4,2147	4,458599	90,315	95,5414	94,5297
TSP	0	0	0,56196	4,458599	12,042	95,5414	12,60396
NOx	0	0	45,52197	6,451613	614,5466	93,54839	705,5906
CO	0	0	7,604122	6,451613	102,6556	93,54839	117,8639
NMVOC	0	0	6,782054	6,451613	91,55773	93,54839	105,1218
SOx	0	0	30,82752	6,451613	416,1715	93,54839	477,8266
TSP	0	0	4,110336	6,451613	55,48954	93,54839	63,71021
NOx	0	0	115,5831	11,76471	866,8735	88,23529	982,4566
CO	0	0	19,30734	11,76471	144,8051	88,23529	164,1124
NMVOC	0	0	17,22006	11,76471	129,1505	88,23529	146,3705
SOx	0	0	78,273	11,76471	587,0475	88,23529	665,3205
TSP	0	0	10,4364	11,76471	78,273	88,23529	88,7094
NOx	0	0	19,91586	8,163265	224,0535	91,83673	243,9693
CO	0	0	3,326803	8,163265	37,42654	91,83673	40,75334
NMVOC	0	0	2,967149	8,163265	33,38042	91,83673	36,34757
SOx	0	0	13,48704	8,163265	151,7292	91,83673	165,2162
TSP	0	0	1,798272	8,163265	20,23056	91,83673	22,02883
NOx	0	0	50,57997	12,90323	341,4148	87,09677	391,9948
CO	0	0	8,449024	12,90323	57,03091	87,09677	65,47994
NMVOC	0	0	7,535616	12,90323	50,86541	87,09677	58,40102
SOx	0	0	34,2528	12,90323	231,2064	87,09677	265,4592
TSP	0	0	4,56704	12,90323	30,82752	87,09677	35,39456
NOx	0	0	20,86424	11,76471	156,4818	88,23529	177,346
CO	0	0	3,485222	11,7647	26,13917	88,2353	29,62439
NMVOC	0	0	3,108442	11,76471	23,31331	88,23529	26,42175
SOx	0	0	14,12928	11,76471	105,9696	88,23529	120,0989
TSP	0	0	1,883904	11,76471	14,12928	88,23529	16,01318

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras R	Atracado	Atracado Re	Total
NOx	0	0	750	9	8157	91	8907
CO	0	0	125	9	1363	91	1488
NMVOC	0	0	112	9	1215	91	1327
SOx	0	0	508	9	5524	91	6032
TSP	0	0	68	9	737	91	804



	NOx	CO	NMVOC	SOx	TSP	
1	2069,037	345,61789	308,25379	1401,1536	186,82048	2
2	272,7367	45,558722	40,633454	184,69752	24,626336	9
3	1209,177	201,98448	180,14832	818,856	109,1808	16
4	327,6831	54,737134	48,819606	221,9073	29,58764	23
5	117,7881	19,675665	17,548566	79,766208	10,635494	30
6	427,2624	71,37115	63,65535	289,3425	38,579	37
7	1279,167	213,67582	190,57573	866,253312	115,50044	44
8	608,5402	101,65232	90,66288	412,104	54,9472	51
9	139,5889	23,317326	20,796534	94,5297	12,60396	58
10	705,5906	117,86388	105,12184	477,82656	63,710208	65
11	982,4566	164,11239	146,37051	665,3205	88,7094	72
12	243,9693	40,753339	36,347573	165,21624	22,028832	79
13	391,9948	65,479936	58,401024	265,4592	35,39456	86
14	177,346	29,62439	26,421754	120,09888	16,013184	93

	NOx	SOx	NM VOC	CO	TSP
1-15 janeirc	2341,773	1585,8511	348,8872	391,1766	211,4468
16-31 janei	0	0	0	0	0
1-15 fevere	0	0	0	0	0
16-29 fever	0	0	0	0	0
1-15 março	0	0	0	0	0
16-31 març	1209,177	818,856	180,1483	201,9845	109,1808
1-15 abril	327,6831	221,9073	48,81961	54,73713	29,58764
16-30 abril	1963,807	1329,8917	292,5762	328,04	177,3189
1-15 maio	2501,357	1693,9214	372,6627	417,8339	225,8562

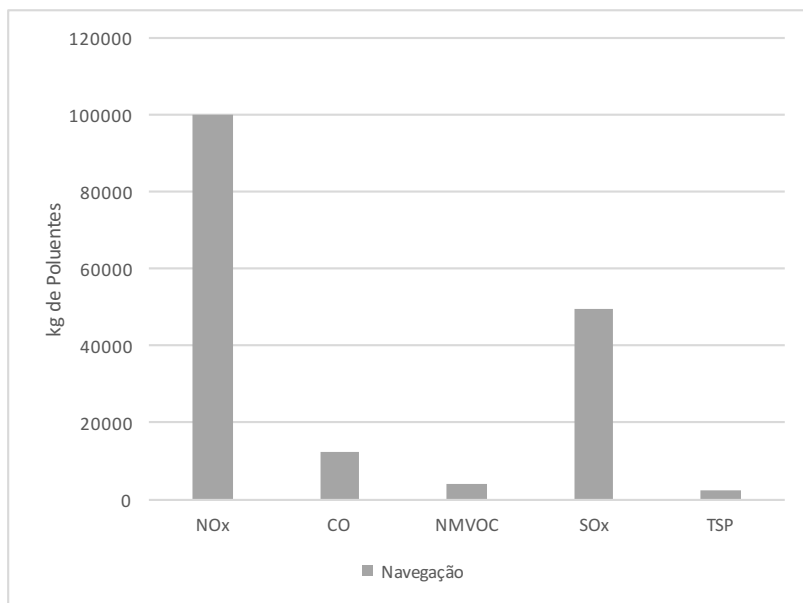


6.1.4 Resultados das emissões poluentes das viagens dos navios cruzeiro de a para o Porto de Leixões

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	12219,38	100	0	0	0	0	12219,38
CO	1492,135	100	0	0	0	0	1492,135
NMVOC	483,9358	100	0	0	0	0	483,9358
SOx	6049,197	100	0	0	0	0	6049,197
TSP	302,4599	100	0	0	0	0	302,4599
NOx	11496,03	100	0	0	0	0	11496,03
CO	1403,806	100	0	0	0	0	1403,806
NMVOC	455,2884	100	0	0	0	0	455,2884
SOx	5691,105	100	0	0	0	0	5691,105
TSP	284,5553	100	0	0	0	0	284,5553
NOx	19264,62	100	0	0	0	0	19264,62
CO	2352,445	100	0	0	0	0	2352,445
NMVOC	762,9552	100	0	0	0	0	762,9552
SOx	9536,94	100	0	0	0	0	9536,94
TSP	476,847	100	0	0	0	0	476,847
NOx	4738,653	100	0	0	0	0	4738,653
CO	578,6474	100	0	0	0	0	578,6474
NMVOC	187,6694	100	0	0	0	0	187,6694
SOx	2345,868	100	0	0	0	0	2345,868
TSP	117,2934	100	0	0	0	0	117,2934
NOx	806,383	100	0	0	0	0	806,383
CO	98,46921	100	0	0	0	0	98,46921
NMVOC	31,93596	100	0	0	0	0	31,93596
SOx	399,1995	100	0	0	0	0	399,1995
TSP	19,95998	100	0	0	0	0	19,95998
NOx	7980,793	100	0	0	0	0	7980,793
CO	974,5523	100	0	0	0	0	974,5523
NMVOC	316,071	100	0	0	0	0	316,071
SOx	3950,888	100	0	0	0	0	3950,888
TSP	197,5444	100	0	0	0	0	197,5444
NOx	18068,88	100	0	0	0	0	18068,88
CO	2206,431	100	0	0	0	0	2206,431
NMVOC	715,5994	100	0	0	0	0	715,5994
SOx	8944,992	100	0	0	0	0	8944,992
TSP	447,2496	100	0	0	0	0	447,2496
NOx	3694,231	100	0	0	0	0	3694,231
CO	451,1107	100	0	0	0	0	451,1107
NMVOC	146,3062	100	0	0	0	0	146,3062
SOx	1828,827	100	0	0	0	0	1828,827
TSP	91,44135	100	0	0	0	0	91,44135

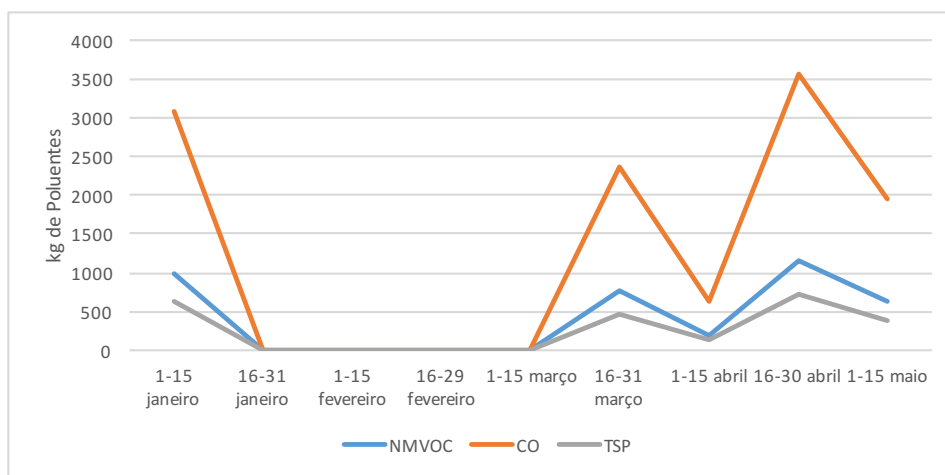
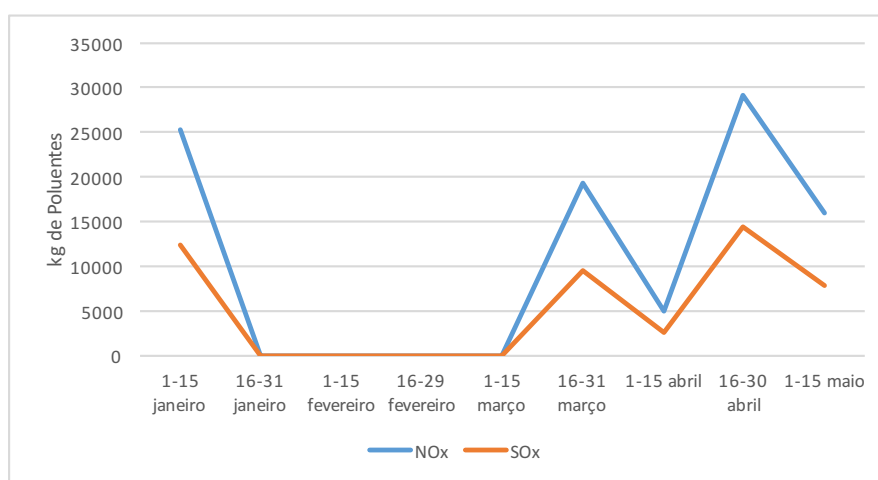
NOx	498,2229	100	0	0	0	0	498,2229
CO	60,8391	100	0	0	0	0	60,8391
NMVOC	19,7316	100	0	0	0	0	19,7316
SOx	246,645	100	0	0	0	0	246,645
TSP	12,33225	100	0	0	0	0	12,33225
NOx	4038,927	100	0	0	0	0	4038,927
CO	493,2023	100	0	0	0	0	493,2023
NMVOC	159,9575	100	0	0	0	0	159,9575
SOx	1999,469	100	0	0	0	0	1999,469
TSP	99,97344	100	0	0	0	0	99,97344
NOx	5127,544	100	0	0	0	0	5127,544
CO	626,1357	100	0	0	0	0	626,1357
NMVOC	203,0711	100	0	0	0	0	203,0711
SOx	2538,388	100	0	0	0	0	2538,388
TSP	126,9194	100	0	0	0	0	126,9194
NOx	558,0096	100	0	0	0	0	558,0096
CO	68,13979	100	0	0	0	0	68,13979
NMVOC	22,09939	100	0	0	0	0	22,09939
SOx	276,2424	100	0	0	0	0	276,2424
TSP	13,81212	100	0	0	0	0	13,81212
NOx	4251,502	100	0	0	0	0	4251,502
CO	519,1603	100	0	0	0	0	519,1603
NMVOC	168,3763	100	0	0	0	0	168,3763
SOx	2104,704	100	0	0	0	0	2104,704
TSP	105,2352	100	0	0	0	0	105,2352
NOx	925,5874	100	0	0	0	0	925,5874
CO	113,0255	100	0	0	0	0	113,0255
NMVOC	36,65693	100	0	0	0	0	36,65693
SOx	458,2116	100	0	0	0	0	458,2116
TSP	22,91058	100	0	0	0	0	22,91058

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado	Atracado R	Total
NOx	99913	100	0	0	0	0	99913
CO	12201	100	0	0	0	0	12201
NMVOC	3957	100	0	0	0	0	3957
SOx	49462	100	0	0	0	0	49462
TSP	2473	100	0	0	0	0	2473



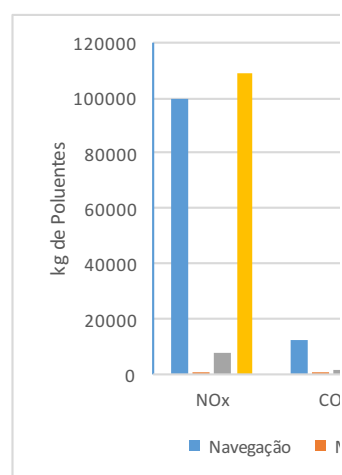
	NOx	CO	NMVOC	SOx	TSP	
1	13034	1591,611	516,1981	6452,4768	322,6238	2
2	12262,43	1497,393	485,641	6070,512	303,5256	9
3	19264,62	2352,445	762,9552	9536,94	476,847	16
4	5054,564	617,2239	200,1807	2502,2592	125,113	23
5	860,1419	105,0338	34,06502	425,8128	21,29064	30
6	8512,846	1039,522	337,1424	4214,28	210,714	37
7	19273,48	2353,527	763,306	9541,3248	477,0662	44
8	3940,513	481,1847	156,0599	1950,7488	97,53744	51
9	531,4378	64,89504	21,04704	263,088	13,1544	58
10	4308,189	526,0825	170,6213	2132,76672	106,6383	65
11	5469,38	667,8781	216,6091	2707,614	135,3807	72
12	595,2103	72,68244	23,57268	294,65856	14,73293	79
13	4534,936	553,771	179,6014	2245,0176	112,2509	86
14	987,2933	120,5606	39,10072	488,75904	24,43795	93

	NOx	SOx	NMVOC	CO	TSP
1-15 janeirc	25296,44	12522,989	1001,839	3089,004	626,1494
16-31 janei	0	0	0	0	0
1-15 fevere	0	0	0	0	0
16-29 fever	0	0	0	0	0
1-15 março	0	0	0	0	0
16-31 març	19264,62	9536,94	762,9552	2352,445	476,847
1-15 abril	5054,564	2502,2592	200,1807	617,2239	125,113
16-30 abril	29177,9	14444,506	1155,56	3562,978	722,2253
1-15 maio	15895,01	7868,8159	629,5053	1940,975	393,4408



kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado	Atracado R	Total	Nav/(Man+
NOx	99913	92	750	1	8157	7	108820	11
CO	12201	89	125	1	1363	10	13688	8
NMVOC	3957	75	112	2	1215	23	5284	3
SOx	49462	89	508	1	5524	10	55494	8
TSP	2473	75	68	2	737	22	3277	3

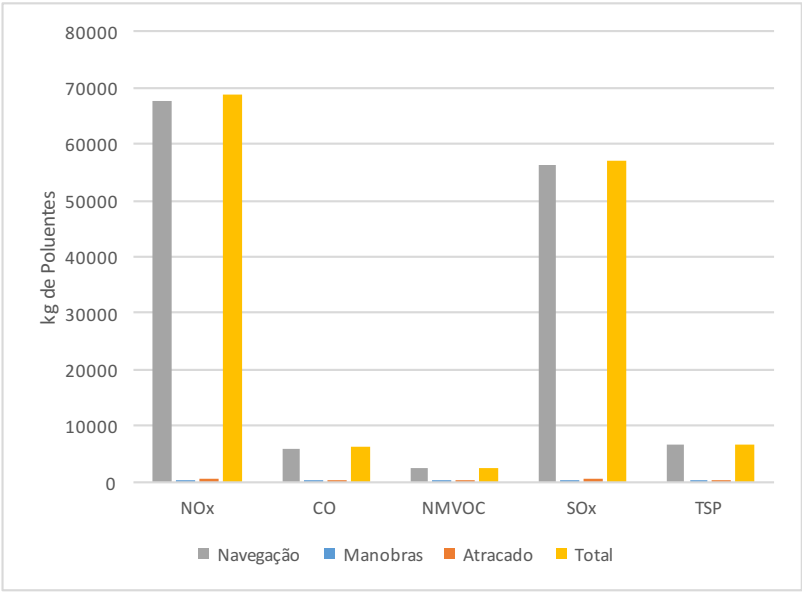
kg	Navegação	Manobras	Atracado	Total
NOx	99913	750	8157	108820,2
CO	12201	125	1363	13688,46
NMVOC	3957	112	1215	5283,939
SOx	49462	508	5524	55493,76
TSP	2473	68	737	3277,33



6.1.5 Resultados das emissões poluentes dos navios de carga que entraram no Porto de Leixões a 24 de maio de 2016.

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	4017,389	93,73611	5,116162	0,119373	263,3449	6,144519	4285,85
CO	486,3695	92,87836	0,719727	0,137441	36,57368	6,984203	523,6629
NMVOC	147,5467	88,73628	0,380783	0,229007	18,34803	11,03471	166,2755
SOx	4311,019	94,78824	4,746382	0,104361	232,287	5,107396	4548,053
TSP	232,3709	89,88275	0,543022	0,210045	25,61276	9,907202	258,5267
NOx	18345,77	99,20463	73,5435	0,397686	73,5435	0,397686	18492,85
CO	1569,465	98,90946	8,652176	0,54527	8,652176	0,54527	1586,769
NMVOC	636,2694	97,07449	9,587547	1,462755	9,587547	1,462755	655,4445
SOx	14846,29	98,90946	81,84491	0,54527	81,84491	0,54527	15009,98
TSP	1845,181	98,60047	13,09519	0,699764	13,09519	0,699764	1871,372
NOx	28222,03	99,73984	38,74483	0,136929	34,87034	0,123236	28295,64
CO	2414,37	99,64257	4,558215	0,18812	4,102394	0,169308	2423,03
NMVOC	978,7986	99,02904	5,050995	0,51103	4,545896	0,459927	988,3955
SOx	22838,63	99,64257	43,11825	0,18812	38,80643	0,169308	22920,56
TSP	2838,516	99,54033	6,89892	0,24193	6,209028	0,217737	2851,624
NOx	8732,642	99,19087	40,70574	0,462361	30,5293	0,346771	8803,877
CO	747,07	98,89065	4,78891	0,633914	3,591683	0,475436	755,4506
NMVOC	302,8662	97,02498	5,30663	1,70001	3,979973	1,275008	312,1528
SOx	7066,878	98,89065	45,3005	0,633914	33,97538	0,475436	7146,154
TSP	878,312	98,57641	7,24808	0,813481	5,43606	0,61011	890,9961
NOx	7029,656	94,48319	4,681559	0,062923	405,7754	5,453888	7440,113
CO	631,9286	92,70355	0,565967	0,083027	49,17143	7,21342	681,666
NMVOC	240,1988	88,73527	0,368836	0,136257	30,12382	11,12847	270,6914
SOx	5444,753	94,50472	3,73926	0,064902	312,8636	5,430382	5761,356
TSP	645,6797	94,50043	0,461051	0,067479	37,1151	5,432095	683,2558
NOx	1371,685	99,71758	2,158248	0,156898	1,726598	0,125519	1375,57
CO	165,5867	99,61224	0,358095	0,21542	0,286476	0,172336	166,2313
NMVOC	51,46615	98,945	0,304865	0,586111	0,243892	0,468888	52,01491
SOx	1566,361	99,61224	3,387384	0,21542	2,709907	0,172336	1572,458
TSP	85,03103	98,9559	0,498429	0,580053	0,398744	0,464043	85,9282

kg	Navegação	Manobras	Atracado	Total
NOx	67719	165	810	68694
CO	6015	20	102	6137
NMVOC	2357	21	67	2445
SOx	56074	182	702	56959
TSP	6525	29	88	6642



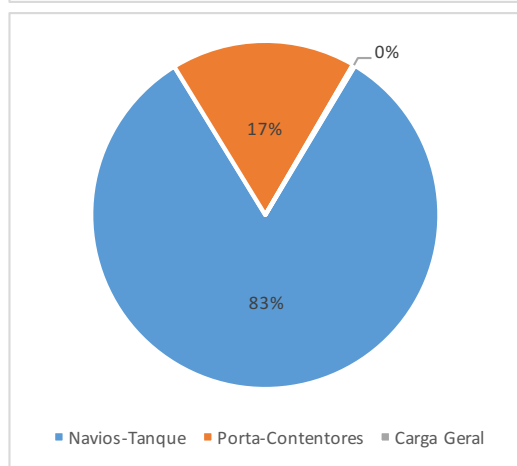
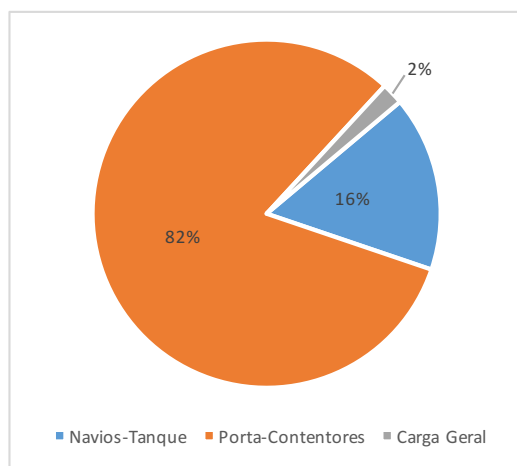
kg Nox	Navios-Tanque	Porta-Contentor	Carga Geral
Navegação	11047	55300	1372
Manobras	10	153	2
Atracado	669	139	2
Total	11726	55592	1376

Navegação Relativo	Manobras Relativo	Atracado Relativo	
97,7	0,2	2,1	100
97,1	0,3	2,6	100
94,9	0,8	4,3	100
97,7	0,3	2,0	100
96,7	0,4	2,9	100

kg Nox	Navios-Tanque	Porta-Contentores	Carga Geral
Total	11047	55300	1372

kg Nox	Navios-Tanque	Porta-Contentores	Carga Geral
Atracado	669	139	2

kg Nox	Navios-Tanque	Porta-Contentores	Carga Geral
Manobras	10	153	2



6.1.6 Análise de Sensibilidade

aidamarMDO

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	19264,62	94,09402	142,2562	0,694821	1066,921	88,23529	20473,8
CO	2352,445	92,09278	23,76288	0,930262	178,2216	88,23529	2554,43
NMVOC	762,9552	80,89835	21,19392	2,247253	158,9544	88,23529	943,1035
SOx	9536,94	92,09278	96,336	0,930262	722,52	88,23529	10355,8
TSP	476,847	81,36935	12,8448	2,191841	96,336	88,23529	586,0278

aidamarBFO

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	21810,25	94,46711	150,2842	0,650928	1127,131	4,881964	23087,66
CO	2632,884	92,54972	24,93504	0,876503	187,0128	6,573772	2844,832
NMVOC	818,329	81,93359	21,22848	2,12546	159,2136	15,94095	998,771
SOx	24905,66	92,54972	235,872	0,876503	1769,04	6,573772	26910,58
TSP	1352,022	82,08846	34,70688	2,10724	260,3016	15,8043	1647,03

Willy MDO

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	6709,952	94,38701	4,537902	0,063833	394,4881	5,549153	7108,978
CO	604,5782	92,55248	0,552292	0,084548	48,09695	7,362971	653,2274
NMVOC	242,786	88,87931	0,367391	0,134495	30,0103	10,9862	273,1637
SOx	2450,993	92,55248	2,23902	0,084548	194,9876	7,362971	2648,219
TSP	128,0549	88,04653	0,207304	0,142536	17,17782	11,81094	145,44

Willy BFO

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	7029,656	94,48319	4,681559	0,062923	405,7754	5,453888	7440,113
CO	631,9286	92,70355	0,565967	0,083027	49,17143	7,21342	681,666
NMVOC	240,1988	88,73527	0,368836	0,136257	30,12382	11,12847	270,6914
SOx	5444,753	94,50472	3,73926	0,064902	312,8636	5,430382	5761,356
TSP	645,6797	94,50043	0,461051	0,067479	37,1151	5,432095	683,2558

martha schulte MDO

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	17404,96	99,21457	68,89329	0,392717	68,89329	0,392717	17542,75
CO	1488,979	98,90932	8,209507	0,545338	8,209507	0,545338	1505,398
NMVOC	643,8829	97,12178	9,540778	1,439109	9,540778	1,439109	662,9644
SOx	6036,402	98,90932	33,28178	0,545338	33,28178	0,545338	6102,966
TSP	321,9414	97,05682	4,881328	1,471591	4,881328	1,471591	331,7041

martha schulte BFO

kg	Navegação	Navegação	Manobras	Manobras	Atracado A	Atracado R	Total
NOx	18345,77	99,20463	73,5435	0,397686	73,5435	0,397686	18492,85
CO	1569,465	98,90946	8,652176	0,54527	8,652176	0,54527	1586,769
NMVOC	636,2694	97,07449	9,587547	1,462755	9,587547	1,462755	655,4445
SOx	14846,29	98,90946	81,84491	0,54527	81,84491	0,54527	15009,98
TSP	1845,181	98,60047	13,09519	0,699764	13,09519	0,699764	1871,372

kg	Navegação Absc	Manobras Ab	Atracado Absc	Total
NOx	19265	142	1067	20474
CO	2352	24	178	2554
NMVOC	763	21	159	943
SOx	9537	96	723	10356
TSP	477	13	96	586

kg	Navegação Absc	Manobras Ab	Atracado Absc	Total
NOx	21810	150	1127	23088
CO	2633	25	187	2845
NMVOC	818	21	159	999
SOx	24906	236	1769	26911
TSP	1352	35	260	1647

kg	Navegação Absc	Manobras Ab	Atracado Absc	Total
NOx	6710	5	394	7109
CO	605	1	48	653
NMVOC	243	0	30	273
SOx	2451	2	195	2648
TSP	128	0	17	145

kg	Navegação Absc	Manobras Ab	Atracado Absc	Total
NOx	7030	5	406	7440
CO	632	1	49	682
NMVOC	240	0	30	271
SOx	5445	4	313	5761
TSP	646	0	37	683

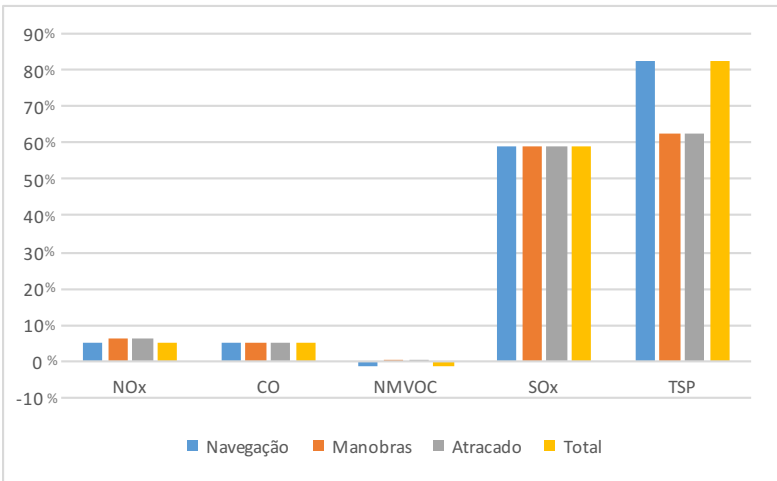
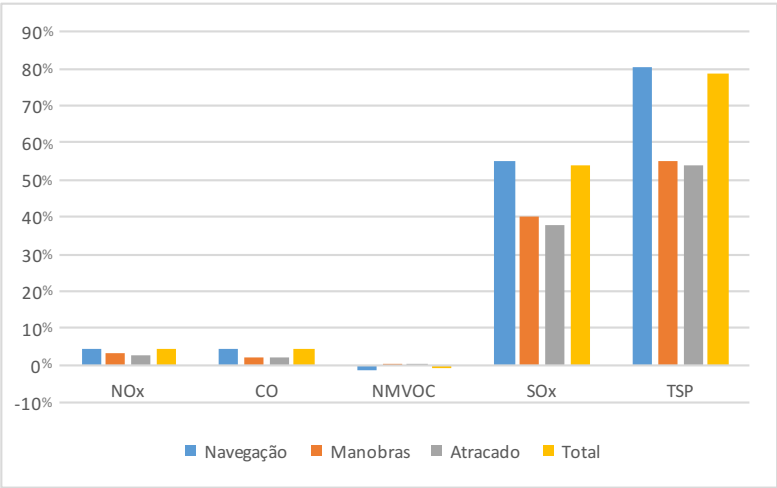
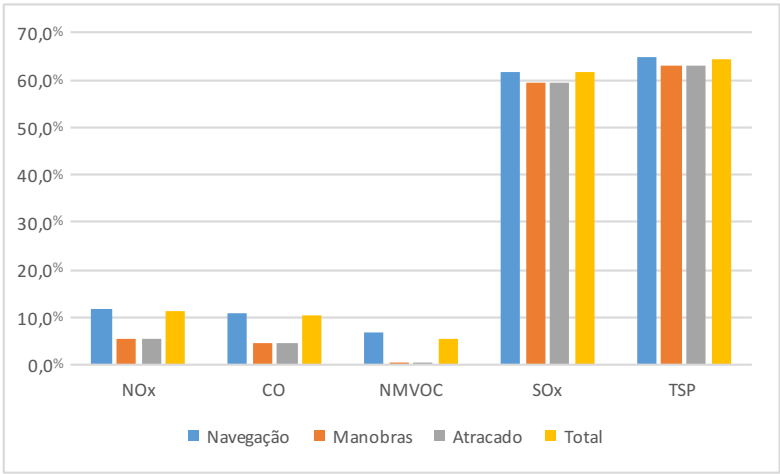
kg	Navegação Absc	Manobras Ab	Atracado Absc	Total
NOx	17405	69	69	17543
CO	1489	8	8	1505
NMVOC	644	10	10	663
SOx	6036	33	33	6103
TSP	322	5	5	332

kg	Navegação Absc	Manobras Ab	Atracado Absc	Total
NOx	18346	74	74	18493
CO	1569	9	9	1587
NMVOC	636	10	10	655
SOx	14846	82	82	15010
TSP	1845	13	13	1871

% diferença	Navegação	Manobras	Atracado	Total
NOx	11,7	5,3	5,3	11,3
CO	10,7	4,7	4,7	10,2
NMVOC	6,8	0,2	0,2	5,6
SOx	61,7	59,2	59,2	61,5
TSP	64,7	63,0	63,0	64,4

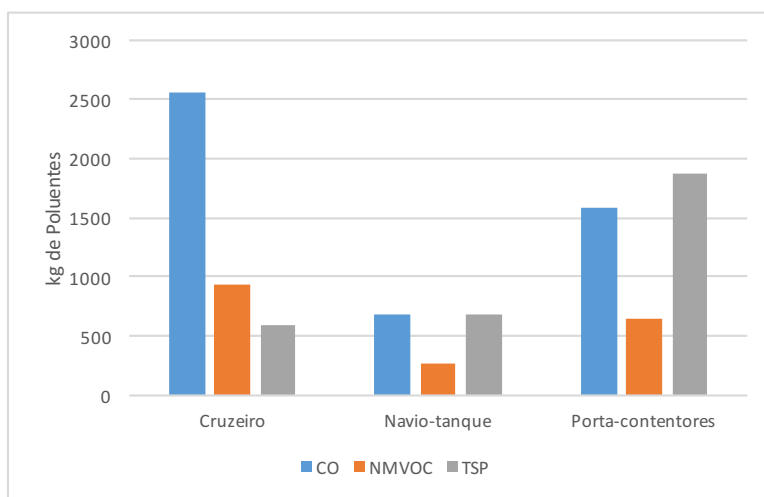
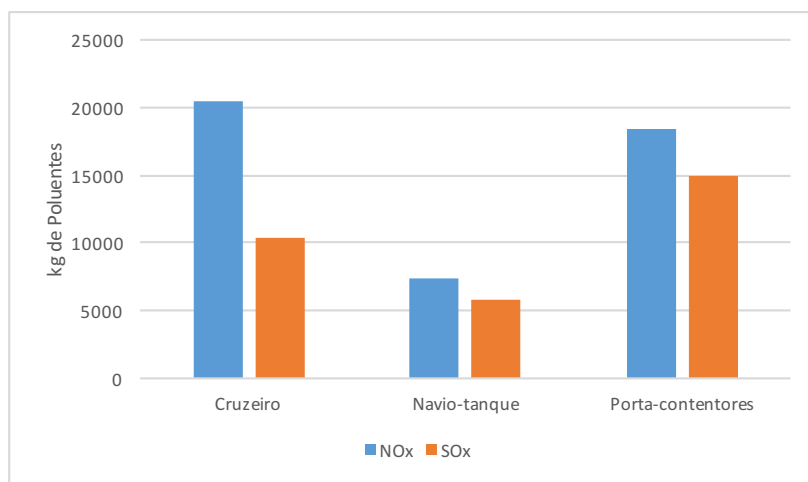
% diferença	Navegação	Manobras	Atracado	Total
NOx	4,5	3,1	2,8	4,5
CO	4,3	2,4	2,2	4,2
NMVOC	-1,1	0,4	0,4	-0,9
SOx	55,0	40,1	37,7	54,0
TSP	80,2	55,0	53,7	78,7

% diferença	Navegação	Manobras	Atracado	Total
NOx	5,1	6,3	6,3	5,1
CO	5,1	5,1	5,1	5,1
NMVOC	-1,2	0,5	0,5	-1,1
SOx	59,3	59,3	59,3	59,3
TSP	82,6	62,7	62,7	82,3



kg	Cruzeiro	Navio-tanque	Porta-contentores
NOx	20473,8	7440,113	18492,85
SOx	10355,8	5761,356	15009,98

kg	Cruzeiro	Navio-tanque	Porta-contentores
CO	2554,43	681,666	1586,769
NMVOC	943,1035	270,6914	655,4445
TSP	586,0278	683,2558	1871,372



6.1.7 Matriz Auxiliar Tier 3 Tempo

Matriz Tier 3 Tempo						
18,6	7,4	0,3	70	0,3	0,3	0,3
18,3	7,4	0,3	30	0	0	0
55,6	7,4	0,9	70	3,8	3,8	3,8
55,1	7,4	1	30	1,5	1,5	1,5
61,3	7,4	2,3	70	3,8	3,8	3,8
60,6	7,4	2,4	30	1,5	1,5	1,5
86,5	7,4	3	70	8,7	8,7	8,7
86,5	7,4	3,2	30	1,6	1,6	1,6
6,4	7,4	0,3	70	2,6	2,6	2,6
6,4	7,4	0,3	30	1	1	1
8,6	7,4	1,5	70	4,5	4,5	4,5
8,5	7,4	1,5	30	1,6	1,6	1,6
40,6	7,4	2,5	70	10,3	10,3	10,3
40,1	7,4	2,6	30	4	4	4
44,6	7,4	6,3	70	10,3	10,3	10,3
44,3	7,4	6,6	30	4	4	4
62,9	7,4	8,2	70	11,2	11,2	11,2
62,1	7,4	8,6	30	4,4	4,4	4,4
4,7	7,4	0,9	70	7,1	7,1	7,1
4,7	7,4	0,9	30	2,8	2,8	2,8
47,6	7,4	1,7	70	3,5	3,5	3,5
46,8	7,4	1,8	30	1,4	1,4	1,4
60,4	7,4	1,7	70	3,5	3,5	3,5
59,7	7,4	1,8	30	1,4	1,4	1,4

0,005673	0,002257	0,0000915	0,02135	0,0000915	0,0000915	0,0000915
0,005307	0,002146	0,000087	0,0087	0	0	0
0,0118428	0,0015762	0,0001917	0,01491	0,0008094	0,0008094	0,0008094
0,0111853	0,0015022	0,000203	0,00609	0,0003045	0,0003045	0,0003045
0,0130569	0,0015762	0,0004899	0,01491	0,0008094	0,0008094	0,0008094
0,0123018	0,0015022	0,0004872	0,00609	0,0003045	0,0003045	0,0003045
0,0168675	0,001443	0,000585	0,01365	0,0016965	0,0016965	0,0016965
0,0160025	0,001369	0,000592	0,00555	0,000296	0,000296	0,000296
0,001952	0,002257	0,0000915	0,02135	0,000793	0,000793	0,000793
0,001856	0,002146	0,000087	0,0087	0,00029	0,00029	0,00029
0,0028896	0,0024864	0,000504	0,02352	0,001512	0,001512	0,001512
0,002686	0,0023384	0,000474	0,00948	0,0005056	0,0005056	0,0005056
0,0095004	0,0017316	0,000585	0,01638	0,0024102	0,0024102	0,0024102
0,0089423	0,0016502	0,0005798	0,00669	0,000892	0,000892	0,000892
0,0104364	0,0017316	0,0014742	0,01638	0,0024102	0,0024102	0,0024102
0,0098789	0,0016502	0,0014718	0,00669	0,000892	0,000892	0,000892
0,0135235	0,001591	0,001763	0,01505	0,002408	0,002408	0,002408
0,0126684	0,0015096	0,0017544	0,00612	0,0008976	0,0008976	0,0008976
0,0015792	0,0024864	0,0003024	0,02352	0,0023856	0,0023856	0,0023856
0,0014993	0,0023606	0,0002871	0,00957	0,0008932	0,0008932	0,0008932
0,0108052	0,0016798	0,0003859	0,01589	0,0007945	0,0007945	0,0007945
0,0101556	0,0016058	0,0003906	0,00651	0,0003038	0,0003038	0,0003038
0,0137108	0,0016798	0,0003859	0,01589	0,0007945	0,0007945	0,0007945
0,0129549	0,0016058	0,0003906	0,00651	0,0003038	0,0003038	0,0003038

305	0,000305
290	0,00029
213	0,000213
203	0,000203
213	0,000213
203	0,000203
195	0,000195
185	0,000185
305	0,000305
290	0,00029
336	0,000336
316	0,000316
234	0,000234
223	0,000223
234	0,000234
223	0,000223
215	0,000215
204	0,000204
336	0,000336
319	0,000319
227	0,000227
217	0,000217
227	0,000227
217	0,000217

32,8	18,6	6,18	30	3,71	3,71	3,71
3,27	481	233	20	12,6	12,6	12,6
25,8	348	29,2	20	0,188	0,188	0,188

0,0092168	0,0052266	0,00173658	0,00843	0,00104251	0,00104251	0,00104251
0,00258657	0,380471	0,184303	0,01582	0,0099666	0,0099666	0,0099666
0,0109908	0,148248	0,0124392	0,00852	8,0088E-05	8,0088E-05	8,0088E-05

281	0,000281
791	0,000791
426	0,000426